



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE V ENERGETICE

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN ENERGETICS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

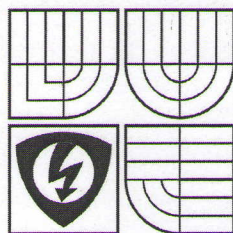
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAKUB STAVINOHA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR BAXANT, Ph.D.

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor

Elektroenergetika

Student: Stavinoha Jakub, Bc.

Ročník: 2

ID: 89523

Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Informační a komunikační technologie v energetice

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- Vymezení základních pojmů, terminologie informačních technologií
- Problémové oblasti v energetice vyžadující ICT
- Současné trendy v zavádění ICT v praxi
- Možnosti zefektivnění výroby, přenosu, rozvodu a distribuce elektrické energie s využitím moderních ICT technologií v praxi. systému pro malé elektrárny v rozptýlené výrobě

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího

Termín zadání: 17.12.2007

Termín odevzdání: 28.5.2008

Vedoucí projektu: Ing. Petr Baxant, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Jakub Stavinoha
Bytem: kulturní 1755, 75661, Rožnov pod Radhoštěm
Narozen/a (datum a místo): 9.12.1983, Valašské Meziříčí

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☒ diplomová práce
- ☐ bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Informační a komunikační technologie v energetice

Vedoucí/školicel VŠKP: Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Ústav: Ústav elektroenergetiky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě - počet exemplářů 1
- ☒ elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

Bibliografická citace práce:

STAVINOHA, J. Informační a komunikační technologie v energetice. Diplomová práce.

Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2008, 54 stran.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Baxantovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky k mé práci, poskytnutou literaturu a svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

Diplomová práce

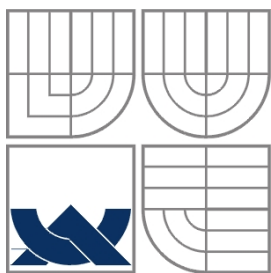
Informační a komunikační technologie v energetice

Jakub Stavinoha

vedoucí: Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2008

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

Information and communication technologies in energetic

by

Jakub Stavinoha

Supervisor: Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Brno University of Technology, 2008

Brno

ABSTRAKT

Práce je zaměřená na informační a komunikační technologie používané v energetice. Problémové oblasti v energetice, jakými jsou regulace, měření, řízení minimalizace ztrát, nákladů a maximalizace zisků. Tyto aspekty vedou k zavádění expertních systémů, které musí zpracovat toto velké množství údajů potřebných pro zvýšení efektivity a hospodárnosti jednotlivých procesů. Systémy používané v praxi mají danou hierarchickou strukturu, kde každá aplikace vyžaduje specifický přístup výběru použitých komponent tak, aby vyhovovaly dané aplikaci. Jde především o vhodný výběr zařízení v jednotlivých vrstvách systému: měření a regulace, sběru dat z procesu a v informační vrstvě. Vhodným výběrem vycházejícího z předchozích již zavedených aplikací je možno dosáhnout maximální efektivity celého systému.

V práci jsou uvedeny systémy používané v praxi a možnosti zefektivnění výroby, přenosu, rozvodu a distribuce s využitím ICT technologie v rozptýlené výrobě. Jde především o zdokonalení procesů spojených s výrobou elektrické energie, diagnostiky izolačních stavů na vedení a využití expertních systémů pro distribuci.

KLÍČOVÁ SLOVA: Informační systém, Liberalizovaný trh, Databáze, Sběr dat, Dispečerské řízení, Expertní systém, Automatizované řízení, Decentralizovaná soustava, Převodníky dat, Průmyslový Ethernet, Rozptýlená výroba, Obnovitelné zdroje energie

ABSTRACT

The thesis is focused on the information and communication technologies used in the energetic. Problematic areas in energetic which are regulation, metering, control of waste minimalizations, expense and maximalization of earnings. These aspects lead to implementing expert systems, which have to process this bulk of information necessary for increasing efficiency and economization of single processes. Systems used in practice have their own hierarchical structure, where every application requires specific access of selection of used components that suit to the application. First of all it is about acceptable device selection in single level of the system: metering and regulation, data acquisition out of the process and informative layer. Suitable choice flowing from previous, already settled up application is possible to reach maximum efficiency of the whole system.

In the thesis there are introduced systems used in practice and possibilities of increase the effectiveness of generation, transmission and distribution with ICT usage in distributed power generation. We are mainly talking about upgrade processes joined with power generation of energy, diagnostics, isolation states on the power line and usage of expert systems for distribution.

KEY WORDS: Information system, Liberalized market, Database, Data acquisition, Supervisory control, Expert system, Automatic control, Data converter, Industrial ethernet, Distributed power generation, Renewable energy sources

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ASCII	– Dohodnutá skupina znaků
A/D	– Analogově digitální převodník
CASE	– vývojové prostředí
ČR	– Česká Republika
Ethernet	– Lokální síť, která realizuje vrstvu síťového rozhraní
DFD	– (Data Flow Diagram) , diagram datových toků
DSS	– (Decision Support Systém) , podpůrný systém rozhodování
DW	– (Data Warehouses) , datové skaldišť
EIS	– (Executive IS) , aktivní informační systém
EU	– Evropská Unie
HMI	– (Humam Machina Interface) , příjemné prostředí pro uživatele
ICT	– informační a komunikační technologie
IS	– informační systém
KWS	– (Knowledge Work System) , systém práce z poznatky
MIS	– (Management IS) , správní informační systém
OIS	– (Office IS) , kancelářský informační systém
OLPT	– (Online Transaction Processing System) , online transakční zpracování
OLAP	– (Online Analytical Processing) , online analytické zpracování
PAC	– (Programmable Automatic Controller) , programovatelný automatický automat
PDA	– (Personal Digital Assistant), malý kapesní počítač.
PLC	– (Programmable Logic Controller) , programovatelný logický automat
RS-232	– Sériové rozhraní COM
RS-485	– Průmyslové sériové rozhraní
RTS	– (Real Time Systém), systém běžící v reálném čase
RTU	– (Remote Terminal Unit) , dálkově ovládaný terminál
SCADA	– (Supervisory Control And Data Acquisition), systém umožňující dispečerské řízení a sběr dat
SIL	– (Safety Integrity Level) , úrovně funkční bezpečnosti

-
- SNMP – (Simple Network Management Protocol) , rozšířený protokol pro správu a monitoring
- SOAP – (Simple Object Access Protocol) , přístupový protokol jednoduchých objektů
- SŘBD – Systém Řízení Báze Dat
- SQL – (Structured Query Language) , strukturovaný dotazovací jazyk
- USB – (Universal Serial Bus) , universální sériová sběrnice

OBSAH

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	6
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
1 ÚVOD.....	11
2 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	12
2.1 OBECNÝ SYSTÉM	12
2.1.1 HRANICE A OKOLÍ	12
2.1.2 ROZDĚLENÍ SYSTÉMŮ	12
2.1.3 ŘÍZENÍ A ZPĚTNÁ VAZBA	12
2.2 INFORMAČNÍ SYSTÉMY (IS).....	12
2.3 PROJEKTOVÁNÍ IS.....	13
2.4 NÁVRH	14
2.5 ARCHITEKTURA	14
2.6 IMPLEMENTACE	15
2.6.1 DATABÁZE	15
3 PROBLÉMOVÉ OBLASTI V ENERGETICE VYŽADUJÍCÍ ICT.....	17
3.1 LIBERALIZACE A DEREGULACE TRHU S ELEKTRINOU.....	17
3.2 ZMĚNA TECHNOLOGIE.....	17
4 SOUČASNÉ TRENDY V ZAVÁDĚNÍ ICT V PRAXI.....	19
4.1 SNÍMAČE, AKČNÍ ČLENY A MĚŘIDLA (VRSTVA MĚŘENÍ A REGULACE).....	19
4.1.1 I/O MODULY	19
4.1.2 PŘEVODNÍKY SIGNÁLŮ	20
4.2 PLC.....	22
4.2.1 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ (HW).....	22
4.3 PRŮMYSLOVÝ ETHERNET (VRSTVA SBĚRU DAT Z PROCESU).....	24
4.3.1 VÝBĚR KOMUNIKAČNÍHO STANDARDU.....	25
4.3.2 PŘEHLED KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ	27
4.3.3 ZHODNOCENÍ	32
4.4 SCADA (INFORMAČNÍ VRSTVA)	33
4.4.1 SYSTÉMOVÉ ŘEŠENÍ.....	33
4.4.2 SBĚR DAT	34
4.4.3 HARDWARE ŘEŠENÍ.....	35
4.5 TIRS.NET	36
4.5.1 TERMINOLOGIE:	37
4.5.2 KOMUNIKACE, TECHNOLOGIE A PŘÍSTUPY	38
4.6 PROMOTIC	39

4.6.1 KOMUNIKACE , TECHNOLOGIE A PŘÍSTUPY	40
4.6.2 VÝHODY SYSTÉMU	42
5 ZEFEKTIVNĚNÍ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY S VYUŽITÍM ICT PRO MALÉ ELEKTRÁRNY V ROZPTÝLENÉ VÝROBĚ	43
5.1 KLASIFIKACE ROZPTÝLENÉ VÝROBY (RV)	44
5.1.1 DŮVODY PRO ZAVÁDĚNÍ ROZPTÝLENÉ VÝROBY	45
5.1.2 NEVÝHODY ROZPTÝLENÉ VÝROBY	45
5.2 MOŽNOSTI ZEFEKTIVNĚNÍ ES S VYUŽITÍM ICT TECHNOLOGIE.....	46
5.2.1 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ.....	46
5.2.2 PŘEDPOKLADY PRO DECENTRALIZOVANÉ ENERGETICKÉ SOUSTAVY	47
5.2.3 ZEFEKTIVNĚNÍ VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE ZA POMOCI ICT	48
5.2.4 ZEFEKTIVNĚNÍ PŘENOSU A ROZVODU ELEKTRICKÉ ENERGIE ZA POMOCI ICT	49
5.2.5 ZEFEKTIVNĚNÍ DISTRIBUCE ELEKTRICKÉ ENERGIE ZA POMOCI ICT	51
6 ZÁVĚR.....	52
6.1 SOUČASNÉ TRENDY PŘI ZAVÁDĚNÍ ICT TECHNOLOGIÍ.....	52
6.2 MOŽNOSTI ZEFEKTIVNĚNÍ ES V ROZPTÝLENÉ VÝROBĚ ZA POMOCI ICT	53
POUŽITÁ LITERATURA	54

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Schéma Komunikace I/O modulu.....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 2 Základní funkce I/O modulů</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 3 Schéma Komunikace převodníku</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 5 Blokové schéma standardního modulárního PLC</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 6 Časový diagram základní funkce PLC.....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 7 Universální digitální vstup.....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 8 Zapojení digitálního výstupu</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 9 Komunikační model Powerlink.....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 10 Komunikační model EtherCAT.....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 11 Komunikační model Ethernet/IP.....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 12 Komunikační model Modus</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 13 Komunikační modely Profinet: a) Profinet IO, b) Profinet IRT (RT – Real-Time, reálný čas, SW – software, HW – hardware)</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 14 SW architektura SCADA.....</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 15 Funkční zapojení SCADA</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 16 HW architektura SCADA</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 17 Architektura systému TIRS.NET.....</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 18 Ukázka dispečerské aplikace v systému TIRS.NET</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 19 HW architektura PROMOTIC</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 20 Ukázka dispečerské aplikace v systému PROMOTIC.....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 21 Denní diagram spotřeby el. energie</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 22 Začlenění rozptýlené výroby do přenosové soustavy.....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 24 Vývoj nástrojů pro decentralizaci energetických soustav.....</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 23 On-line diagnostický systém</i>	<i>50</i>

1 ÚVOD

Liberalizace trhu s energií vedla kromě vzniku nových trhů a nových typů společností k tomu, že jednotliví účastníci trhu potřebují přesnější informace, které jsou pro obchodní procesy relevantní. Tlak na ceny a maximální zisky vede k většímu využívání automatizace. Tento proces si žádá vyměnit stará koncová analogová konvenční měřidla (napětí, proudu, výkonu atd.) za nová digitální, která by tento automatizovaný sběr a zpracování dat v reálném čase umožnila.

S výměnou zastaralých měřících přístrojů a s tím související postupnou automatizací jednotlivých procesů roste požadavek na podávané informace, které se musí zpracovat tak, aby se nestaly bezcennými. Jednou z možností je aplikace informačních a komunikačních technologií. Ty to systémy slouží k monitorování, sběru dat, jejich následné archivaci a vyhodnocování. Informace jsou výchozím bodem pro budoucí návrhy, zvýšení efektivity, zjednodušení chodu zařízení a lepší využití pracovních prostředků. Jednak jsou to informace o době životnosti jednotlivých součástí, jejich nasazení nebo to mohou být údaje vypovídající o pohybu jednotlivých zaměstnanců, zajišťování přístupů k jednotlivým zařízením atd. Aspektů, které je možné sledovat, je mnoho a v každém odvětví jsou zapotřebí jiná data pro jednotlivé analýzy. Obecná struktura informačních technologií je stejná, každé odvětví má pak své speciálně vytvořené programy se kterými dále pracuje. Pro energetiku jsou významné parametry výkon, cena energií, spotřeba, dodávka a to vzhledem k jednotlivým měsícům pro následné zpracování při uzavírání smluvních tarifů, či plánování odstávek jednotlivých zřízení. Z výše uvedených informací je zřejmé, že informační a komunikační technologie jsou přínosem ve všech odvětvích.

V průmyslové automatizaci se stále víc prosazují inteligentní distribuované systémy umožňující ovládání a monitorování prostorově odloučených výrobních strojů, technologických zařízení i komplexních autonomních pracovních stanic z jednoho centrálního místa s využitím komunikace po průmyslových sběrnících, telefonních okruzích nebo bezdrátových spojích. V energetice je možné využití těchto systémů pro energetické zdroje v rozptýlené výrobě umístěné ve větších lokalitách, které díky distribuovanému řízení mohou pracovat jako jedna logická jednotka. Distribuovaným řízením se rozumí zachování určité autonomie jednotek při současné možnosti zapojení do kooperativně pracujícího celku fiktivního bloku.

Množství dat, kterými při užívání ICT technologie systémy disponují, je možné využít také pro zvýšení efektivity výroby, přenosu, rozvodu a distribuce elektrické energie a to zlepšením zpětnovazebních regulačních automatizovaných procesů, diagnostikou a monitoringem vedení atd.

2 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

2.1 Obecný systém

Systém je účelově definovaný soubor komponent, mezi kterými existují určité vztahy, a které splňují nějaký cíl. **Systémová analýza** se zabývá systémy vytvořených lidmi, jež se skládají ze vstupů, procesů a výstupů. Systém se skládá z *atributů* (veličiny jež charakterizují určitý prvek systému), *událostí* (změna atributu nebo změna konfigurace systému - například komponenty) a *časových množin* (hodnoty vztažené k určitému okamžiku).

2.1.1 Hranice a okolí

Hranice systému vymezuje samotný systém nebo odděluje více systémů. *Logická hranice* je pomyslnou hranicí a vymezuje podsystémy v rámci systému, ovšem *okolí systému* je již „viditelnou“ hranicí. Prvky vně hranice pak ovlivňují chování systému.

2.1.2 Rozdělení systémů

- uzavřené × otevřené - podle toho, zda nastává interakce s okolím,
- deterministické × stochastické - tzn. jednoznačné nebo statistické chování,
- statické × dynamické - tzn. lineární nebo diferenciální (systém si pamatuje vnitřní stav),
- spojité × diskrétní - podle časových událostí (případně ex. také kombinované).

Systémy obecně dělíme na tvrdé a měkké. **Tvrdé systémy** jsou spojovány s jedním specifickým (strukturovaným) problémem (většinou technické systémy), naopak v **měkkých systémech** vystupuje celá řada faktorů, jsou obecnější (člověk je aktivním prvkem systému a individualita znamená problém, protože každý má jiné znalosti a jinak uvažuje).

2.1.3 Řízení a zpětná vazba

V systémech může nastat zpětná vazba, kdy výstupní veličina opětovně ovlivňuje vstupní veličinu, a tedy i samotný systém. Každý systém má tedy tendence být *nestabilní*, a proto může někdy pomoci implementace tzv. regulátorů. Je zde vidět analogie s logickými obvody. Existují studie, které poskytují matematický aparát pro popis systémů (diferenciální, fourierový a podobně).

2.2 Informační systémy (IS)

jsou systémy pro sběr, udržování, zpracování a poskytování informací a dat. Příkladem informačního systému může být kartotéka, telefonní seznam, kniha došlé pošty nebo účetnictví. Systém nemusí být nutně automatizovaný pomocí počítačů a může být i v papírové podobě.

Informacemi míníme sdělení, které odstraňuje nejistotu nebo nevědomost, *daty* míníme jakékoli zaznamenané poznatky či fakta. Jako zvláštní pojem zde vystupuje také *znalost* představující zobecnění poznání určité části reality. Informaci je možno také chápat jako data s nějakým přidaným významem (data + význam).

Informace je údaj (množné číslo data), ke kterým si člověk přiřadí význam.

Již dlouho je jasné, že hospodářství různých zemí netáhnou jen hmotné výrobky, ale také informace, znalosti a nové technologie. To si uvědomují i podniky a instituce, což napomáhá k rozvoji IS.

Obecně je chápeme jako systémy pro zpracování dat, které mají tyto cíle:

- strategické (plánování investic ..),
- taktické (vedení, kontrola rozpočtů...),
- operační (každodenní rutina).

Důležité jsou také úlohy IS:

- manažerské (EIS - Executive IS),
- taktické (DSS - Decision Support System),
- vedení (MIS - Management IS),
- expertní (KWS - Knowledge Work System),
- kancelářské (OIS - Office IS),
- operativní.
 - TPS - transakční (banky...),
 - CRM - péče o zákazníka,
 - RIS - rezervační systémy,
 - CAM - konstrukční (CAD...),
 - GIS - geografické systémy.

2.3 Projektování IS

Existuje spousta studií a metodik používaných při tvorbě IS :

- procesně orientované přístupy (DeMarco, Gane/Sarson - velký důraz na DFD),
- datově orientované přístupy (Warnier/Orr - rozšíření o stavové diagramy),
- kombinace obou metod (tzv. Yourdonova metoda),
- strukturované metody (STC, JSP, JSD).

Organizace řízení tvorby a návrhu systému má dnes tyto fáze:

- úvodní studie,
- rozbor zadání,
- analytické modelování,
- systémový design,
- objektový design,
- implementace,
- zkušební provoz,
- nasazení.

2.4 Návrh

Hlavním prvkem jsou *případy užití* (nebo také *modely jednání* - *use cases*). Základními prvky jsou: aktér, scénář a impuls-reakce (zpráva). Případy užití je možno, podobně jako v softwarovém inženýrství, rozšiřovat či generalizovat.

Model spolupráce je dalším artefaktem, který vzniká na základě případů užití. Hledáme zde první náznaky tříd, odpovědností a vztahů. To pak ústí v *objektový model*, který již přesně zachycuje celý systém, vztahy mezi objekty či hierarchii dědění.

Funkční model poskytuje kontrolní pohled na vytvářený systém. De facto standardem je zde DFD (Data Flow Diagram), jež poskytuje snadné grafické vyjádření, propojitelné s datovým modelem. DFD diagramy obsahují aktéry (obdélník - například osoba, instituce, jiný systém a podobně), datové sklady (obdélník se zaoblenými rohy bez pravé strany - uchovává data), procesy (obdélníky se zaoblenými rohy - manipulují s daty, jsou algoritmy) a konečně datové toky (šípky - předávání datových záznamů).

DFD model je **hierarchický**, to znamená, že procesy se dají postupně zjemňovat. Každý proces tedy obsahuje „vnořený“ diagram, a tak dále až po takzvané *listové procesy*, které jsou atomické (nedělitelné). Každý proces v DFD obsahuje textový popis (například pseudokód, přirozený jazyk, různé podmínky a podobně), popis omezení (constraints) a také dodatečné informace (možnosti optimalizace atd.).

Dynamický model přispívá k pochopení změn v systému. Možné popisy jsou například slovní scénáře, grafické scénáře (např. sekvenční diagramy), mapy událostí (jeden diagram na celý systém) nebo stavové diagramy a tabulky. Samostatnou kapitolou jsou pak ER-diagramy, které zachycují *datový model*.

2.5 Architektura

Velmi důležitým hlediskem je volba architektury. Téměř výhradně se používá třívrstvá architektura:

- presentační (interakce s uživatelem),

- funkční (vlastní aplikace, bezpečnost, propojení se světem, kontrola...),
- datová (vlastní data).

Důležitá je i bezproblémová integrace IS, která má dvě hlediska: **vnitřní**, kde jde o proškolení pracovníků, nastavení prostředí a podobně, a **vnější**, kde se jedná zejména o zákazníky a dodavatele. Je nutné si uvědomit, že zadavatel implementace IS bude hledět na:

- základní údaje (nejen samotného IS, ale také dodavatele, cenu),
- architekturu (zda-li mu bude vyhovovat),
- reference (po ČR i ve světě),
- provozní prostředí (databázová platforma),
- vývojové prostředí (CASE nástroje),
- dokumentace, jazyková podpora,
- doplňující služby (podpora, školení),
- standardy, specifikace, certifikace (audity, ISO-9000),
- flexibilita (možnost přizpůsobení).

2.6 Implementace

Většina systémů se implementuje jako tzv. Data Warehouses (DW), což je architektura (obvykle založená na SŘBD), jež transformuje operativní data do jiné podoby, u které se bere ohled například na čas a rychlost následných dotazů. Tato data se nemění, mohou se transformovat z více zdrojů (např. od dodavatelů) a jsou aktualizována v časových intervalech. Nad nimi se dělají statistiky či analýza. To je poslední fáze - OLAP (Online Analytical Processing).

Opakem DW jsou OLTP (Online Transaction Processing Systems), které jsou často přirovnávány k „výrobě“ podniku, DW pak ke „skladování“ výrobků, následně OLAP systémy jsou pak jakýmsi „prodejem“.

Je zřejmé, že OLAP systémy jsou rozšířením OLTP systémů, také jejich návrh je složitější. Je zde použita tzv. multidimenzionální architektura. Další dimenzí je zde čas, oblast či obchodník. OLAP systémy jsou tak specifické, že se v nich může porušovat například normalizace (NF) a data jsou v těchto systémech velmi řídká.

Systémy OLAP jsou implementovány buď nad relačními databázemi, nebo nad speciálními (zejména objektovými) OLAP databázemi. Z dnešních systémů jmenujme například Intersystem Caché nebo Oracle OLAP.

2.6.1 Databáze

Databáze (neboli Datová základna) je určitá uspořádaná množina informací (dat) uložená na paměťovém médiu. V širším smyslu jsou součástí databáze i softwarové prostředky, které umožňují manipulaci s uloženými daty a přístup k nim. Tento systém se v české odborné

literatuře nazývá *systém řízení báze dat* (SŘBD). Běžně se označením *databáze* – v závislosti na kontextu – myslí jak uložená data, tak i software (SŘBD).

Relační databáze - sdružuje data do tzv. relací (tabulek), které obsahují n-tice (řádky). Tabulky (relace) tvoří základ relační databáze. Tabulka je struktura záznamů s pevně stanovenými položkami (sloupci - atributy). Každý sloupec má definován jednoznačný název, typ a rozsah, neboli doménu. Záznam se stává n-ticí (řádkem) tabulky. Pokud jsou v různých tabulkách sloupce stejného typu, pak tyto sloupce mohou vytvářet vazby mezi jednotlivými tabulkami. Tabulky se poté naplňují vlastním obsahem - konkrétními daty.

S relačními databázemi je úzce spojen pojem SQL (Structured Query Language), neboli strukturovaný dotazovací jazyk. Jeho základní model je obecně použitelný pro většinu relačních databází. [2]

Objektové databáze – Řada aplikací, například z oblasti designu, multimédií, geografických systémů apod., však potřebuje takový datový model, který umožní lepší korespondenci mezi složitými reálnými daty a jejich reprezentací v databázovém systému. Tímto modelem je objektový model dat.

Objektově orientovaný model je založen na dekompozici informací z reálného světa na tzv. objekty. Objektem se rozumí každá (i strukturovaná) entita, která je jednoznačně a nezávisle identifikovatelná v rámci určitého kontextu okolního světa. Objekt tak má jednoznačnou identitu, každé dva i jinak datově shodné objekty jsou vzájemně odlišitelné. Identita objektu je určena identifikátorem (object identifier–*oid*), který je generovaný systémem, unikátní, neměnný po dobu existence objektu, skrytý pro programátora i koncového uživatele. [2]

3 PROBLÉMOVÉ OBLASTI V ENERGETICE VYŽADUJÍCÍ ICT

3.1 Liberalizace a deregulace trhu s elektřinou

S postupem času bylo zcela zřejmé, že v souvislosti s přistoupením ČR k EU dojde k zásadním změnám na trhu s energiemi v rámci ČR ve vazbě na legislativu členských zemí EU.

Postupné otevírání se ČR okolnímu tržnímu prostředí vyvolalo liberalizaci trhu s energií, která vedla k tomu, že zákazník si může dnes vybrat nejen mezi různými poskytovateli produktů a služeb, ale také z celé řady tarifů, forem smluv a úrovní služeb. Cena za energii získala na významu. Společnosti si musí pořizovat a vyhodnocovat stále detailnější informace o struktuře spotřeby svých zákazníků a o výkonu, který požadují, a musí být schopny tyto informace efektivně využívat. Také obchodní vztahy se v liberalizovaném prostředí staly různorodějšími. Společnosti potřebují softwarové řešení, které jim umožňuje elektronickou výměnu rozsáhlých objemů dat.

Liberalizace trhu s energií vedla kromě toho ke vzniku nových trhů a nových typů společností (dodavatelé a provozovatelé distribučních sítí). Jednotliví účastníci trhu potřebují informace, které jsou pro jejich obchodní procesy relevantní. Potřebují řešení, které může propojit procesy, jež byly dříve integrovány v jednom jediném podniku.

Tlak na ceny a maximální zisky vede k většímu využívání automatizace. Podle očekávání bude liberalizace a privatizace trhů s energiemi pokračovat, ale vlády jednotlivých států budou i nadále určovat energetickou politiku. Regulace ze strany vlád jednotlivých států vede k povinnosti podávat zprávy doplněné velkým množstvím údajů. Proto roste poptávka po expertních systémech pro řízení dat.

3.2 Změna technologie

V dnešní moderní době, kdy technologický rozmach sahá do všech oblastí, tudíž ani energetika není výjimkou, je třeba zajistit sběr dat z regulátorů, ventilů, kotlů či logických jednotek. Ty je pak potřeba vyhodnotit (nejlépe v reálném čase) a poté poslat zpět, uložit, nebo za pomoci těchto vyhodnocených dat dále řídit tato, či jiná zařízení. To je možné provádět následovně pomocí:

Digitálních intervalových měřidel

Zde jsou měřené hodnoty snímány v intervalech např. minut, hodin, dní, týdnů i měsíců. Měřidla jsou odečítána lokálně, a to prostřednictvím sériového, infračerveného, bluetooth rozhraní či za pomoci paměťových karet.

Dálkový odečet měřidel

Měřidla lze rovněž odečítat dálkově systémy pro dálkový odečet měřidel (SCADA).

Možné trasy komunikace s měřidlem: bezdrátový přenos, telefon, Power Line Carrier

Ethernet, atd. Po přenosu dat je potřeba hromadné zpracování dat. Pro centrální ukládání a konsolidaci dat ze systémů pro dálkový odečet měřidel a z intervalových měřidel je nezbytná již zmíněná databáze.

4 SOUČASNÉ TRENDY V ZAVÁDĚNÍ ICT V PRAXI

4.1 Snímače, akční členy a měřidla (vrstva měření a regulace)

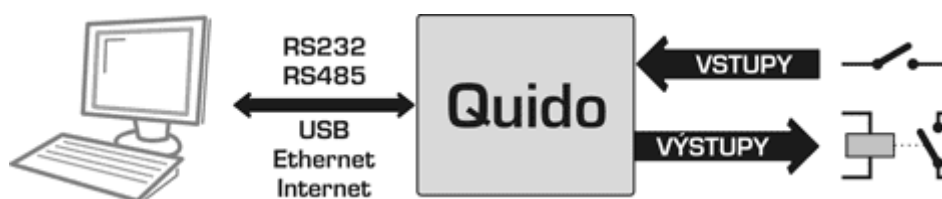
Základními prvky ICT struktury jsou snímače, převodníky, analyzátory, měřicí přístroje a zařízení, které zajišťují sběr, zpracování a následný přenos informací ze zařízení na která jsou připojena. Informace jsou zde reprezentovaná daty, které mají explicitní nebo implicitní význam.

Při zavádění ICT je třeba provést revizi měřidel, snímačů a akčních členů, zda-li odpovídají základním výše uvedeným požadavkům. Pokud jsou tyto požadavky splněny, stávající zařízení se ponechají. Nevyhovující zařízení je však nutné vyměnit, nebo upravit tak, aby vyhovovaly příslušným požadavkům. K těmto účelům slouží následující zařízení.

4.1.1 I/O moduly

Jedním z představitelů dnes používaných zařízení pro zpracování a následný přenos informací jsou I/O moduly. Vstupy a výstupy modulů Quido umožňují ovládat zařízení, zapínat/vypínat spotřebiče nebo sledovat stav kontaktů a čidel. Teploměr na některých modulech může zároveň sledovat například teplotu ovládaného zařízení. K PC se moduly připojují přes základní standardy :

- sériový port RS232
- sběrnici RS485
- přes USB
- Ethernet (TCP/IP)



Obrázek 1 Schéma Komunikace I/O modulu [17]

4.1.1.1 Základní vlastnosti I/O modulů:

Ovládání výstupů: Výstupy jsou osazeny výkonovými relé s přepínacím kontaktem. Základní možností je kontakty relé okamžitě sepnout nebo rozepnout. Dále je možné kontakty nastavit do požadovaného stavu na zadanou dobu (např. sepní relé 2 na 5 sec). Ovládání je možné z nadřazeného systému nebo přes WEBové rozhraní.

Sledování stavu vstupů: Vstupy jsou připraveny pro připojení kontaktu nebo napětí. Jsou dvoustavové – umí tedy rozlišit stavy připojeno/nepřipojeno napětí, respektive sepnutý/rozepnutý kontakt. Stav vstupů je dostupný na dotaz z nadřazeného systému nebo na WEBové stránce.

Počítání impulzů: U vstupů je možné zapnout funkci čítač (u každého vstupu samostatně) a počítat impulzy (počítání výrobků, osob, apod.) nebo připojit externí čidla s impulsním výstupem. Stav počítadel je dostupný na dotaz z nadřazeného systému nebo na WEBové stránce.

Automatická informace o změně na vstupu: U vstupů lze jednotlivě aktivovat funkci, kdy se při změně stavu vstupu odešle automatická zpráva. Jde o datový paket nebo e-mail.

Měření teploty: Ke Quidu je možné připojit jeden teplotní senzor s měřicím rozsahem -55 až +125 °C. Senzor je na kabelu délky 3 m (15 m). Aktuální teplota se zobrazuje na WEBové stránce Quida nebo jí lze číst z nadřazeného systému.

Hlídaní teploty: Pro každý z výstupů lze nastavit teplotní meze, při kterých vybrané relé vykoná nastavenou akci (sepne, rozepne, nebo sepne či rozepne na zadanou dobu). [17]



Obrázek 2 Základní funkce I/O modulů [17]

4.1.2 Převodníky signálů

Při automatizaci výroby, se stále častěji používají snímače s digitálními výstupy. Jejich předností je, že měřený údaj je již přepočítán, ke snímači není třeba přidávat žádný měřicí zesilovač či A/D převodník a následné zpracování výstupu ze snímače je jednodušší

Měřicí převodníky převádějí analogové signály 0 nebo 4 až 20 mA či napětí 0 až 10 V do digitální podoby. Jsou určeny především pro zpracování výstupních signálů z různých snímačů a čidel, kde na každý z převodníků lze standardně připojit až čtyři vstupní analogové proudové či napěťové signály. Naměřené hodnoty jsou dále předávány v digitální podobě do nadřazeného systému nebo do počítače, kde mohou být dále zpracovány, analyzovány, zobrazovány apod. Jednotlivé měřicí moduly disponují základními komunikačními rozhraními, které přenáší naměřené hodnoty stejně jako I/O moduly linkou RS-485, RS-232, USB a přes Ethernet.



Obrázek 3 Schéma Komunikace převodníku [17]

Vlastnosti všech variant jsou až na detaily stejné (varianta USB většinou nepotřebuje externí napájení). Maximální rychlost měření je dána měřenou veličinou, většinou ale postačuje provádět jej jedenkrát za sekundu (rychlé vzorkování zbytečně zatěžuje databázi. Měřené signály jsou připojeny prostřednictvím násuvné svorkovnice. Napájení, měření a překročení vstupního rozsahu je indikováno kontrolkami.

Vstupní rozsah je bývá rozdělen na 10 000 dílků (není podmínkou). Pro každý vstup je možné zadat koeficienty rovnice přímky ve tvaru $Y = a + k \cdot M$, kde Y je výsledná hodnota v požadované fyzikální jednotce a M digitalizovaná hodnota z rozsahu 0 až 10 000. Tím je možné, je-li převod lineární, získat na výstupu skutečnou hodnotu ve zvolené fyzikální jednotce. Takové přepočty je sice možné snadno vykonávat až v nadřazeném systému, ale přepočet přímo v měřicím modulu zabraňuje omylům. Význam mají především ve verzi s komunikací po Ethernetu.

Měřicí převodníky s rozhraním RS-485 jsou vhodné pro rozsáhlé měřicí systémy a přenos naměřených hodnot na větší vzdálenosti, varianta USB se zase uplatní v laboratořích či malých měřicích systémech s využitím např. notebooku. Lze ji také připojit k počítačům PDA s portem USB Host. V poslední době se jeví jako zajímavý převodník s rozhraním Ethernet. Schopnost komunikovat po Ethernetu přináší nové funkce, které zásadně rozšiřují možnosti snímače. Umožňuje číst měřené hodnoty stejně jako ostatní varianty, navíc má mnoho dalších funkcí, které přináší ethernetová konektivita:

- vnitřní webová stránka s naměřenými hodnotami,
- funkce e-mail při dosažení nastavené hodnoty zvolené veličiny modul odešle e-mail, který oznamuje např. havarijní stav,
- vytváření souborů XML,
- protokol SNMP – (Simple Network Management Protocol): rozšířený protokol pro správu a monitorování nejrůznějších veličin. snímač umí odeslat i tzv. SNMP trap, jestliže teplota opustí nastavené rozmezí. Mnoho firem používá SNMP univerzálně,
- SOAP (Simple Object Access Protocol): údaje ze snímače jsou pravidelně posílány webové službě na zadaném serveru; jde o protokol vhodný pro prostředí .NET, který byl doplněn po konzultacích s českou pobočkou společnosti Microsoft (není třeba programovat komunikační protokol).

- protokol ASCII nad TCP, v němž snímač posílá údaj teploty jako textový řetězec na dotaz nebo v nastaveném intervalu; naměřenou hodnotu lze snadno zpracovat v nadřazeném systému nebo ji zobrazit prostřednictvím kteréhokoliv terminálového programu
- stránka v protokolu WAP (obr. 4): naměřené hodnoty lze po zadání IP adresy zobrazit na mobilním telefonu; to lze také s výhodou použít k přístupu na dálku. [17]

4.2 PLC

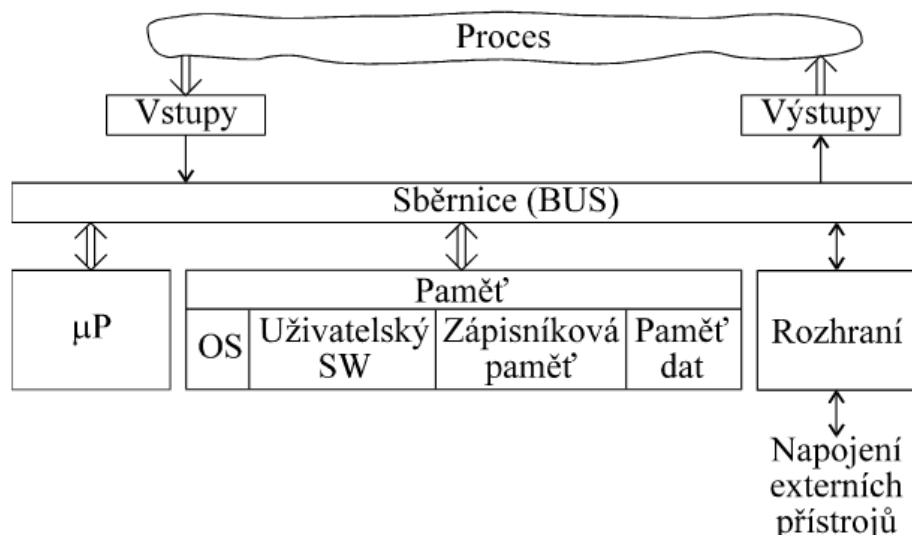
Nejrozšířenějším a v praxi nejčastěji používaným zařízením pro měření, regulaci a řízení logických procesů jsou PLC automaty.

Programovatelný logický automat neboli PLC (*Programmable Logic Controller*) je malý počítač používaný pro automatizaci procesů v reálném čase, jako je řízení strojů nebo výrobních linek v továrně. Pro PLC je charakteristické, že program se vykonává v tzv. cyklech. V moderním pojetí je výraz PLC nahrazován tzv. PAC (*Programmable Automatic Controller*).

PLC nahradily řídicí počítače a minipočítače, ale i malou automatizaci, reprezentovanou průmyslovými regulátory, bezkontaktní logikou a reléovou logikou. Jedním z kategorických požadavků průmyslu (projektantů, elektroinženýrů a středních odborných pracovníků) byl především jednoduchý programovací jazyk, který by byl velmi podobný jazyku logických schémat, booleovským rovnicím, reléovým schémátům, assembleru. Programovatelný automat umožňuje logické rovnice naprogramovat, zatímco předcházející bezkontaktní nebo reléová logika (nebo v dnešní době programovatelná logická pole) řeší logické rovnice fyzickým propojením logických členů. Jakákoli změna logické struktury se snadno provede změnou programu programovatelného automatu, což je podstatně jednodušší, než přepojení reléového nebo logického schématu. Na druhou stranu programátorský komfort minipočítačů se programovým prostředím PLC nahradil v plné míře až s příchodem SCADA systémů. [18]

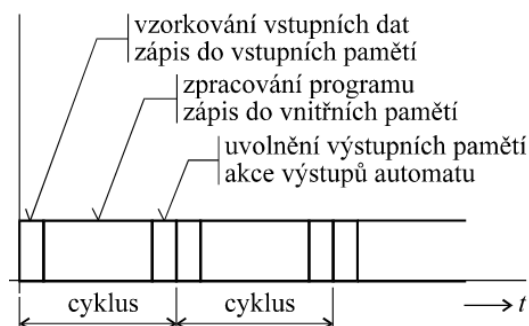
4.2.1 Technické řešení (HW)

Blokové schéma standardního modulárního PLC je velmi podobné na architekturu mikropočítače. Základ tvoří vnitřní 16 nebo 32 bitová sběrnice, kolem které je modulárně vytvořen celý PLC. Zatímco u prvních PLC s bitově orientovanou CPU byla paměť programu oddělena od paměti dat nebo naopak a pro data se používala i jiná (bitová) organizace paměti, dnešní PLC mají jednu operační paměť, ve které jsou vyhrazeny prostory pro vstupní data, výstupní data, vnitřní proměnné a paměťový prostor na vlastní program. Kromě toho jsou v paměti uloženy i funkční bloky a funkce jak systémové, tak vytvořené uživatelem.



Obrázek 4 Blokové schéma standardního modulárního PLC [18]

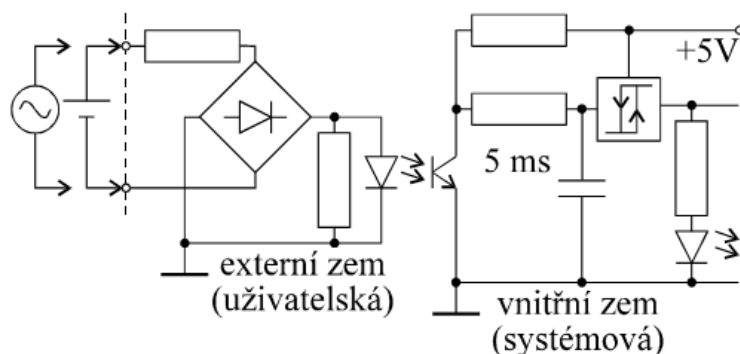
Způsob práce, který od počátku charakterizuje PLC a odlišuje je od řídicích mikropočítačů, tj. cyklický způsob vykonávání programu, zůstal základním režimem prakticky všech PLC. Tento základní režim práce PLC je ukázán na obrázku 2.



Obrázek 5 Časový diagram základní funkce PLC [18]

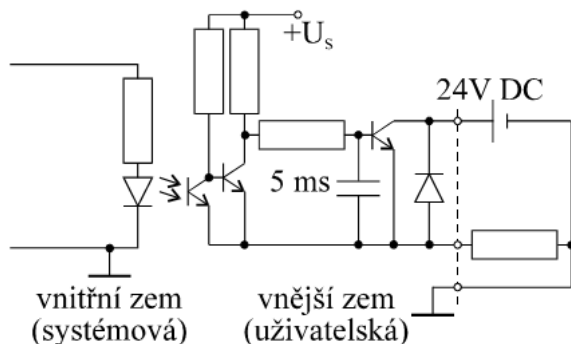
4.2.1.1 Vstupní/výstupní podsystém PLC

Programovatelný automat má perfektně propracovaný podsystém vstupů a výstupů. Tato vlastnost (platí i pro velmi malé PLC), která charakterizuje tyto řídicí systémy, je jednou z příčin jejich trvalé popularity.



Obrázek 6 Universální digitální vstup [18]

Digitální vstupy jsou kromě galvanického oddělení vybaveny filtrem pro odfiltrování poruchových signálů (3–10 ms RC filtr na vstupu), diodami pro ochranu proti přepólování a proti napěťovým špičkám. Digitální výstupy jsou buď v nevýkonovém provedení do max. stovek mA (s tranzistorem Obr. 4) nebo výkonové (s tyristorem) nebo reléové pro spínání větších výkonů stejnosměrných i střídavých.



Obrázek 7 Zapojení digitálního výstupu [18]

Kromě digitálních vstupů a výstupů DI/DO poskytují uživateli jak mnohé kompaktní, tak především modulární PLC i analogové vstupy a výstupy. Analogové vstupy jsou napěťové pro stejnosměrné napětí s různou přesností A/D převodníků (typicky 12bitové), nebo proudové (4 – 20 mA). Analogové výstupy jsou v různém provedení dle požadovaného výkonu. Často se analogový výstup realizuje formou šířkově modulovaných výstupních impulsů konstantní amplitudy. [18]

Vzhledem k tomu, že PLC nenahradily jen řídicí počítače a minipočítače, ale i malou automatizaci, reprezentovanou průmyslovými regulátory, bezkontaktní logikou a reléovou logikou, je pochopitelné, že jedním z požadavků průmyslu byl především jednoduchý programovací jazyk, který by byl velmi podobný jazyku logických schémat, booleovským rovnicím, reléovým schémátům, assembleru. Díky těmto jednoduchým programovacím jazykům je poměrně jednoduché klasickou techniku logického řízení nahradit programově orientovanými, nesrovnatelně flexibilnějšími řídicími systémy - programovatelnými automaty.

Jejich výhodou je modularita (možnost rozšíření), hospodárnost, jelikož jsou levné velmi malé a malé kompaktní, jednoduchý a tím spolehlivý OS reálného času, velká nabídka kvalitních přístrojů různých výrobců, vestavěná diagnostika vlastního PLC a jednoduché programování.

Nevýhodou je vyšší cena než IPC ekvivalentního výkonu při nižším programátorském komfortu PLC, nezbytnost hierarchické architektury při propojování do větších celků a užívání nedostatečně standardizovaných komunikačních sběrnic pro propojení automatů do sítí. I přes tyto nevýhody s příchodem SCADA systémů PLC plně nahradily doposud používaná zařízení.

4.3 Průmyslový Ethernet (vrstva sběru dat z procesu)

Po sběru dat z PLC, převodníků, modulů a měřicích zařízení je třeba koncentrovaná data přenést k dalšímu zpracování. K tomu slouží základní standardy linky RS-485, RS-232, USB a Ethernet. Jeden z nejperspektivnějších komunikačních standardů na delší vzdálenosti je Ethernet. Poskytuje oproti ostatním standardům široké množství přidavných funkcí (viz kap. 4.1.2.) a

hlavně snadné zavádění, protože sítě pro Ethernet bývají většinou již vybudované, tudíž stačí použít stávající infrastruktury.

Již déle než dvacet let je komunikačním de facto standardem v místních sítích (LAN) komunikační síť Ethernet. Postavení de facto standardu získala jednak pro své nesporné kvality, jednak pro to, že byla ve správný čas na správném místě, tj. v období vývoje a rozšíření osobních počítačů (PC) byla velmi vhodným prostředkem k jejich propojování do místní sítě. Nebyla produktem komisí mezinárodních standardizačních organizací, a tudíž byla velmi flexibilní a včas k dispozici. Přesto standardizace na sebe nedala dlouho čekat a de facto standard byl uznán jako standard IEEE i ISO. A to přesto, že nesledoval sedmivrstvý referenční model otevřené komunikace ISO/OSI, zpracovaný a doporučený organizací ISO. [18]

Postupem času se Ethernet jako síť pro použití v kancelářském prostředí a v prostředí internetu postupně vyvinul do současné podoby, která ho umožňuje využívat jej v řídicích systémech v průmyslu. Tento rozvoj podpořil rozvoj a implementaci ICT do energetiky. O stávajících standardech průmyslového Ethernetu rozhodují mezinárodní standardizační organizace, zejména IEC.

4.3.1 Výběr komunikačního standardu

Při zavádění ICT v praxi o výběru komunikačního standardu rozhodují různé argumenty. Jejich priority jsou různé podle požadavků dané úlohy. Někteří uživatelé se rozhodují podle tří nebo čtyř hledisek, jiní jich mohou zvažovat sedm až osm.

4.3.1.1 První kritérium: výzkum a vývoj

Uživatelé se nestarají o to, zda jsou ve vývoji uplatňovány výsledky nejnovějších výzkumných a vědeckých prací, dokud požadovaný výrobek není na trhu. Význam pro ně mají jen ty výsledky výzkumné práce, které se po zahájení sériové výroby uplatní v praxi. Zda-li jsou na trhu dostatečně dlouho, což dává uživatelům jistotu, že jde o vyzkoušený, po léta používaný standard, který byl postupně přizpůsobován požadavkům reálných úloh a v současné době splňuje veškeré běžné požadavky průmyslové automatizace a zahrnuje dlouholeté zkušenosti z praxe.

4.3.1.2 Druhé kritérium: nezávislost daná otevřeností

Být na někom závislý znamená vzdát se možnosti ovládat své záležitosti – a to není ideální výchozí bod pro výběr technických prostředků, které mají pro podnik strategický význam. Dostupnost z jiného zdroje je proto při rozhodování často tím kritériem, které je určující pro přijetí nebo odmítnutí navrhovaného řešení. Možnost uživatelů opatřit si téměř všechny komponenty z více zdrojů – včetně novinek

4.3.1.3 Třetí kritérium: rychlost jako u běžného Ethernetu

Ethernet, známý z „kancelářského“ světa, v současné době běžně dosahuje šířky pásma 1 Gb/s. Této šířky pásma mohou dosáhnout i uživatelé průmyslového Ethernetu, jediným nutným krokem je záměna hardwaru 100Mb sítě za hardware gigabitové sítě. Pokud protokol využívá standardní hardware sběrnice Ethernet, může pak čerpat z rychlého pokroku v jeho vývoji. Tisíce světových firem dodávajících výrobky pro běžné uživatele Ethernetu v domácnostech a

kancelářích pracují na technickém vývoji svých zařízení a přísně přitom dbají na zpětnou kompatibilitu. Naproti tomu proprietární řešení komunikačních sítí založených na Ethernetu mnohdy vyžadují speciální elektronické součásti (zákaznické obvody ASIC), které je nutné pro každý případ zvlášť navrhnout a testovat.

4.3.1.4 Čtvrté kritérium: přijetí na trhu

Důležitou roli při rozhodování vždy hrají reference, především v situacích, kdy nejde o standardní úlohu, pro niž by již existovalo připravené řešení. V těchto případech je zvláště nutná důvěra v partnera, a dodavatele, kteří mohou doložit úspěšná řešení úloh podobného rozsahu a charakteru, mají výhodu. Seznam projektů, kde je použit daný protokol použit, je pro ověření důvěryhodnosti protokolu to nejlepší.

4.3.1.5 Páté kritérium: funkční bezpečnost a spolehlivost

Protokol by měl zajišťovat bezpečný přenos dat mezi uzly sítě v bezpečnostní doméně. A zaručovat funkční úroveň bezpečnosti SIL alespoň 3. Definice této úrovně funkční bezpečnosti, obsažená v normě IEC 61508, stanovuje, že nesmí nastat více než 10–9 chyb za hodinu. Jinými slovy: selhání sběrnice může způsobit nebezpečnou situaci statisticky pouze jednou za 115 000 let. Dále přizpůsobivost komunikačních systémů požadavkům na velkou dostupnost. To je vyžadováno např. v elektrárnách, kde jsou opatření pro zvýšení dostupnosti součástí projektu řídicího systému. Často se využívá redundantní architektura: jsou instalovány dva řídicí systémy, z nichž vždy jeden řídí technologii a druhý je připraven v pohotovostním režimu, sleduje přitom všechny události a veškerou komunikaci, a jestliže zjistí selhání prvního systému, okamžitě převezme jeho funkci. Protože jsou nainstalovány také dvě samostatné redundantní sběrnice, mohou např. při poruše kabelu všechny uzly sběrnice komunikovat prostřednictvím záložní linky.

4.3.1.6 Šesté kritérium: libovolná topologie sítě

Zatímco u kancelářských sítí se nejčastěji používá hvězdicová topologie, v průmyslu bývá běžná liniová topologie. Je-li třeba zajistit její redundanci, je spolehlivým řešením záložní kabel, ale náklady na jeho pořízení a instalaci jsou poměrně velké. Ve strojní výrobě se proto často upotřebí levnější řešení s kruhovou topologií. Zde je redundance zajištěna tím, že při přerušení kabelu jsou data posílána druhým směrem. To znamená, že jednotlivé uzly musí mít dvě rozhraní, ale jinak není třeba pro zajištění redundance používat žádná speciální zařízení – navíc je tu vlastně jen datový kabel, kterým se komunikační sběrnice uzavře do kruhu. Je ovšem třeba myslet na problémy, které mohou vzniknout zpožděním dat, než řídicí jednotka rozpozná, že kruh je přerušen. Existují různé metody, jak po poruše co nejrychleji obnovit běžnou komunikaci.

4.3.1.7 Sedmé kritérium: přímá komunikace mezi uzly

Tou nejrychlejší a nejjednodušší cestou pro přenos dat je vždy přímá komunikace mezi dvěma inteligentními účastnickými uzly. Jinou možností je, že řídicí systém rozesílá své zprávy v kopiích všem svým účastníkům, kteří si z nich musí vybrat ty, jež jsou pro ně důležité. To je zbytečně zatěžuje, protože se musí starat o filtrování příchozích dat, i komunikační prostředky. Třetí možností je oběžník: zpráva, která postupně obíhá jednotlivé účastníky. To méně zatěžuje komunikační prostředky, ale doba od odeslání informace k jejímu přijetí se prodlužuje.

4.3.1.8 Osmé kritérium: zapojování za provozu

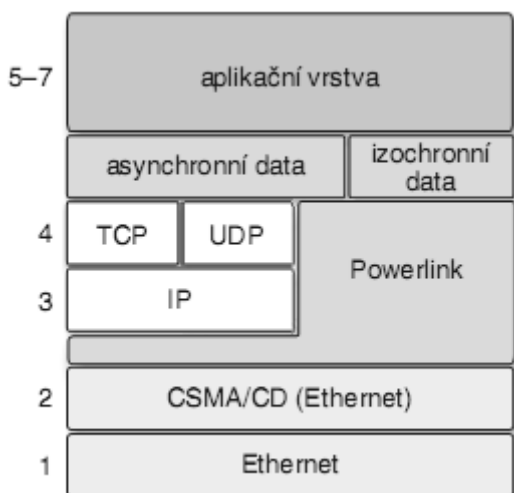
Možnost zapojení zařízení do existující sítě je dobře známa z domácího i kancelářského prostředí – stačí zapojit do notebooku síťový kabel a komunikace se sdílenými zařízeními je na světě. Také odpojení konektoru zpravidla neohrozí stabilitu celé sítě. U průmyslových komunikačních systémů to ale nestačí. Je potřeba zajistit dynamickou konfiguraci sítě, tzn. že jednotlivé uzly lze snadno vyměňovat, odpojovat i přidávat do sítě, aniž by bylo nutné zastavovat provoz zařízení. To zjednodušuje diagnostiku, ladění i zotavování z chyb a také umožňuje výměnu samostatných agregátů pracujícího stroje.

4.3.2 Přehled komunikačních systémů

Za pomoci výše uvedených kritérií se v praxi selektují samotné komunikační systémy. V současné době se jako perspektivní v oblasti Ethernetu pro oblast energetiky jeví tyto systémy :

4.3.2.1 Ethernet Powerlink

Komunikační systém Ethernet Powerlink (EPL) vznikl v rakouské automatizační firmě Bernecker and Rainer (B&R) a je podporován mnoha významnými evropskými výrobci automatizační techniky, organizovanými ve sdružení EPSG (*Ethernet Powerlink Standardization Group*). Jde o jeden z nejrozšířenějších standardů průmyslového Ethernetu s velmi dobrými vlastnostmi reálného času nad standardním provedením fyzické a spojové vrstvy Ethernetu. Z komunikačního modelu tohoto systému je patrné, že zatímco přenosy časově nekritických dat, jako jsou např. internetové zprávy, se uskutečňují protokoly TCP/UDP/IP, přenosy časově kritických dat (izochronní přenos) probíhají mezi standardní vrstvou 2 a aplikační vrstvou speciálním protokolem při využití principů standardu IEEE 1588. Komunikační zásobník řídí kompletně celý přenos dat v síti. Řídicí metoda má název *Slot Communication Network Management* (SCNM) a zabezpečuje komunikaci v reálném čase. Každá stanice má přesně stanovená komunikační práva, na jejichž základě může posílat data libovolné stanici na síti. V daném čase má přístup k přenosovému médiumu jen jedna stanice. Nemůže tedy docházet ke kolizím a je zajištěn striktně deterministický přenos. Vedle těchto individuálních časových slotů pro operace v reálném čase zabezpečuje SCNM také časové sloty pro standardní časově nekritické zprávy v asynchronním datovém provozu. Vlastnosti bezpečného přenosu jsou realizovány v rozšíření EPL safety, a to na úrovni SIL 3 podle IEC 61508. Varianta EPL version 2 obsahuje profily automatizačních přístrojů a profily komunikačních podsystémů.[13]



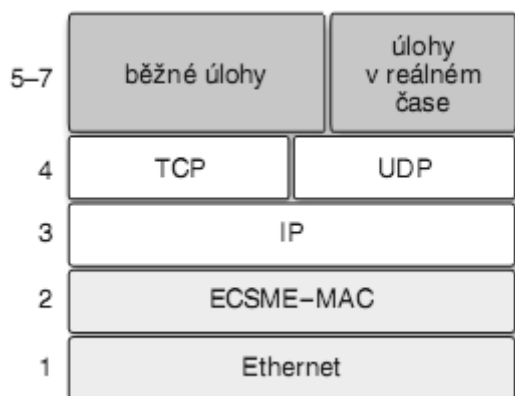
Obrázek 8 Komunikační model Powerlink [9]

4.3.2.2 EtherCAT

Standard EtherCAT (*Ethernet for Control Automation Technology*) byl vyvinut firmou Beckhoff pro účely řízení v reálném čase. Organizace ETG (*EtherCAT Technology Group*), sdružující výrobce a uživatele této výkonné sběrnice, má v současné době více než 180 členů. Na rozdíl od ostatních sběrnic není u standardu EtherCAT paket rámce Ethernetu přijímán každým účastníkem celé, než jsou interpretována a kopírována přenášená technologická data. Namísto standardního ukládání je rámec Ethernetu zpracováván během příjmu rámce. Každé zařízení pro síť EtherCAT má dva porty, a komunikační rámec tak doslova prochází skrz zařízení. Zařízení v síti EtherCAT, pro který jsou data určena, data čte, zatímco rámec již putuje k dalšímu zařízení. Podobně modul ukládá data do rámce při jeho průchodu rozhraním, takže zdržení v každém účastníku sítě činí pouze několik nanosekund, což znamená výrazně větší rychlost přenosu dat v porovnání s jinými systémy založenými na Ethernetu. Poslední účastník (zařízení) v síti posílá rámec zpět na její začátek, a síť má tudíž topologii logického kruhu. Přenášená data obsahují kompatibilní ethernetové rámce, konvertované uvnitř segmentu sítě na vnitřní sběrnici (E-Bus), kterou je vybaven každý účastník. [9]

Ethernetové rámce s tvrdými požadavky na dodržení doby odezvy (tzv. *real-time frames*) mají prioritu před ostatními daty (např. konfiguračními, diagnostickými atd.), realizovanou prostřednictvím vnitřního systému priorit. Konfigurační data jsou přenášena v časových přestávkách, jestliže je k dispozici dostatečně dlouhý časový interval při použití speciálního servisního kanálu. Plně zachovaná funkční schopnost Ethernetu umožňuje operačnímu systému dosáhnout plné kompatibility vrstev Ethernetu s protokolem IP. [11]

Synchronizační mechanismus je založen na IEEE 1588, a EtherCAT tak dosahuje výkonu, který umožňuje realizovat řízení pohonů i bezpečnostních systémů.



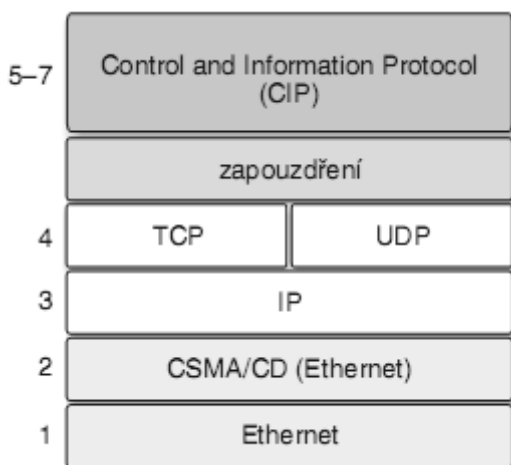
Obrázek 9 Komunikační model EtherCAT [9]

4.3.2.3 EtherNet/IP

Základem sběrnice EtherNet/IP je Ethernet TCP/IP s přenosem dat prostřednictvím protokolu TCP nebo UDP. Zkratka IP v názvu indikuje průmyslový protokol (*Industrial Protocol*) na bázi Ethernetu. Jeho model představuje rozšíření komunikačního zásobníku pro průmyslovou komunikaci. Ve vrstvě 7 modelu se nachází protokol aplikační vrstvy CIP (*Control and Information Protocol*), vytvořený pro průmyslové sítě DeviceNet a ControlNet a v systému EtherNet/IP použitý nad protokoly TCP/IP. Příslušné specifikace jsou volně k dispozici od sdružení ODVA, které zajišťuje vývoj standardu Ethernet/IP. [12]

Pro přenos časově kritických zpráv mezi řídicími prvky a moduly I/O používá EtherNet/IP metodu *producer-consumer*. Ostatní data lze přenášet s použitím standardních protokolů běžných v oboru IT (např. HTTP, FTP, SMTP, SNMP). Necyklická data (konfigurační a parametrizační data, nahrání programu apod.) jsou zabezpečeným způsobem přenášena spojitou službou protokolem TCP, zatímco časově kritická data jsou přenášena nespojitou službou protokolem UDP. Systém využívá osvědčenou knihovnu profilů automatizačních zařízení vytvořenou již v systému DeviceNet.

Systém EtherNet/IP je dále rozšiřován o mechanismy práce v reálném čase a o bezpečnostní mechanismy. Například CIPsync je rozšíření realizující mechanismus časové synchronizace v distribuovaném systému (podle standardu IEEE 1588). Naproti tomu rozšíření CIPsafety přináší do systému EtherNet/IP prvky bezpečné komunikace vyhovující požadavkům normy IEC 61508. [9]



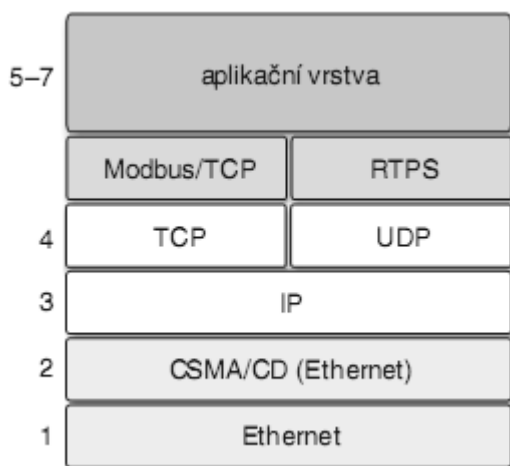
Obrázek 10 Komunikační model Ethernet/IP [9]

4.3.2.4 Modbus-RTPS

Jde o americký protokol vycházející ze současné varianty Modbus/TCP a podporovaný organizací IDA. Úkolem verze Modbus-RTPS (*Real Time Publish-Subscribe*) je posílit u systému Modbus/TCP vlastnosti reálného času. Dobrou startovní pozici jí zajišťuje skutečnost, že Modbus/TCP vychází z velmi úspěšného a v oboru automatizace patrně vůbec nejrozšířenějšího komunikačního protokolu Modbus, který byl vyvinut firmou Modicon (později AEG a následně Schneider Electric) již v roce 1989 a postupně se stal *de facto* komunikačním standardem v automatizaci. Jeho specifikace je volně dostupná a nedošlo v ní od té doby k žádné změně. To vše dává systémům Modbus/TCP a Modbus-RTPS dobré předpoklady pro úspěch na trhu. O systému Modbus-RTPS nejsou dosud k dispozici úplné informace, způsob jeho činnosti však vyplývá z komunikačního modelu Modbus na obr. 11. [9]

Datagram je v protokolu Modbus zabalen do ethernetového rámce s protokoly TCP/IP a standardní přístupovou metodou (přepínaný Ethernet TCP/IP) je přenášen fyzickou vrstvou. Standardní rámec protokolu Modbus se skládá z adresy řízené stanice (*slave*), kódu operace podle specifikace Modbus, bloku přenášených dat a kontrolního součtu. V systému Modbus/TCP není kontrolní součet přenášen, neboť chyby přenosu jsou kontrolovány ve vrstvách 1 až 4. Kód funkce říká řízené stanici, co má s daty udělat. Nejjednodušší řízené stanice (např. modul I/O programovatelného automatu) mohou být v systému Modbus/TCP řízeny velmi jednoduchou množinou funkcí protokolu Modbus. Modbus je tedy nejstarším průmyslovým komunikačním protokolem. Nepřekvapuje tudíž, že je pro něj volně k dispozici velký počet profilů automatizačních zařízení.

Vedle popsaného způsobu komunikace typu *master-slave* existuje v současné době již v Ethernetu/TCP rozšíření podle IEC/PAS, které definuje protokol s vlastnostmi reálného času umožňující komunikovat způsobem *publish-subscribe* při využití standardní cesty UDP/IP, např. pro synchronizaci distribuovaných automatizačních komponent. Toto rozšíření je základem protokolu Modbus-RTPS. Vlastnosti požadované pro řízení v reálném čase jako determinismus a spolehlivost (bezpečnost) budou předmětem konkrétních řešení při jeho vlastní implementaci.[14]

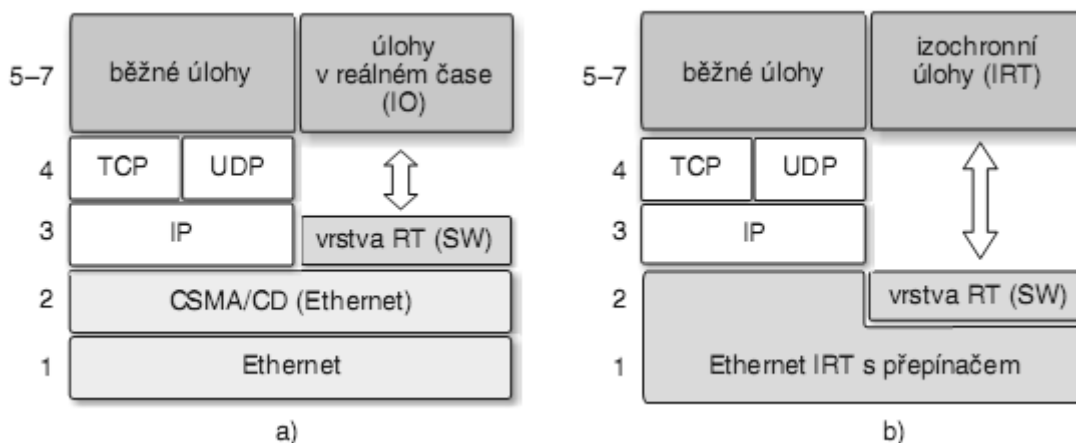


Obrázek 11 Komunikační model Modbus [9]

4.3.2.5 Profinet

Komunikační systém Profinet byl vyvinut organizací PNO (*Profibus Nutzerorganisation*) s významným přispěním firmy Siemens a je k dispozici od roku 2002. Na obr. 7 vlevo je znázorněn komunikační model Profinet Verze 2 (V2), který je označován jako Profinet IO. Pracuje tak, že standardní zprávy bez požadavků na přenos v reálném čase (*non real-time*) jsou přenášeny standardní cestou TCP/UDP/IP, zatímco druhý, paralelní kanál obsahuje programové překlenutí (*SW by-pass*) vrstev 3 a 4 komunikačního zásobníku, takže lze dosáhnout dokonalejších vlastností reálného času. K jejich dalšímu vylepšení je u systému Profinet redukována délka přenášeného bloku dat a je zaveden mechanismus prioritních slotů podle standardu IEEE 802.1p (až do priority 7 u komunikace v reálném čase). V systému Profinet verze V3, známém jako Profinet IRT (*Isochronous Real Time*) a určeném pro úlohy probíhající v reálném čase s tvrdými požadavky na dodržení doby odezvy a synchronizace, je pro vrstvy Ethernetu použit speciální hardware realizující hardwarové překlenutí vrstev TCP/IP (*HW bypass*, obr. 9 napravo). Spolu s přepínanou sítí Ethernet dosahuje Profinet V3 izochronnosti a je vhodný k řízení např. pohonů. Přenos běžných zpráv bez požadavků na přenos v reálném čase, včetně přístupu k internetu, je zajištěn paralelní cestou TCP/UDP/IP.

Celkově probíhá komunikace v systému Profinet ve dvou módech. Prvním módem je tzv. Profinet IO, určený k obsluze distribuovaných jednotek I/O (přenos v reálném čase a izochronní přenos). Druhý mód je označen Profinet CBA (*Component Based Automation*), což je přenos zpráv prostřednictvím protokolů TCP/IP bez požadavku na doručení v reálném čase. Dalším rozšířením systému Profinet je zavedení bezpečných mechanismů komunikace ve variantě označené Profisafe. [9]



Obrázek 12 Komunikační modely Profinet: a) Profinet IO, b) Profinet IRT (RT – Real-Time, reálný čas, SW – software, HW – hardware) [9]

Tabulka 1 Standardy IEC/PAS průmyslového Ethernetu (RT – Real-Time, reálný čas)

Označení	Architektura	Požadavky na hardware	Časové parametry	Standard
EtherCAT	segmnet RT	standardní	100μs/cyklus ¹⁾	IEC 62407
Ethernet Powerlink	segmnet RT	standardní/ASIC	300μs/cyklus , jitter <1μs	IEC 62408
Modus /RTPS	otevřená	standardní	5 až 10 ms/ cyklus	IEC 62030
ProfiNet	segmnet RT	standardní/ASIC	5 až 20ms (1 ms) / cyklus ³⁾ , jitter 1 μs	IEC62411
EtherNet/IP	otevřená architektura	standardní	300μs/cyklus ²⁾ , jitter 0,5 μs	IEC 62413

¹⁾ pro 100 synchronizovaných pohonů

²⁾ pro 30 synchronizovaných pohonů

³⁾ pro varintu IO (V2) nebo IRT (V3)

4.3.3 Zhodnocení

Pro každou úlohu v praxi je vhodný jiný komunikační systém, jak z hlediska požadavků na počet připojených zařízení, způsobu komunikace, spolehlivosti atd., tak z hlediska odvětví ve kterém se systém bude užívat. K výběru pomáhají výše uvedená kritéria a vlastnosti jednotlivých systémů hlavně z pohledu na komunikace s nadřazenými systémy. Výše uvedené varianty průmyslového Ethernetu spějí v současné době ke standardizaci na mezinárodní úrovni. Celkově lze konstatovat, že množství úspěšných řešení průmyslových komunikačních sběrnic vycházejících z Ethernetu je důkazem, že průmyslový Ethernet se stane nejvýznamnějším komunikačním prostředkem nejen v lokálních sítích (LAN) pro kancelářská použití, ale i pro automatizaci v průmyslu. Zatímco v oboru automatizace strojů a výrobních linek se tento vývoj více méně očekával, některé z uvedených standardů jsou určeny k použití především při automatizaci technologických procesů, což se již tak jednoznačně neočekávalo.

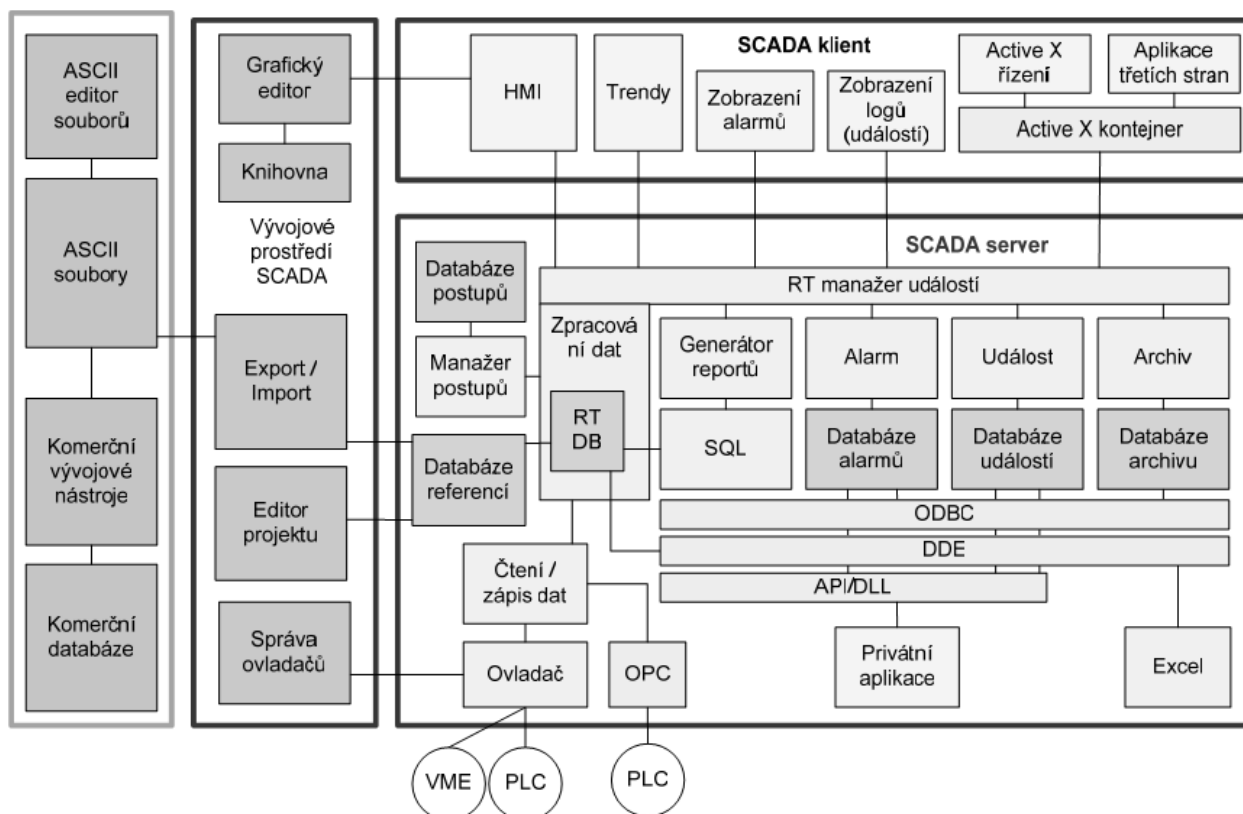
4.4 SCADA (informační vrstva)

SCADA je zkratka pro *dispečerské řízení a získávání dat* (Supervisory Control And Data Acquisition). Je to páteř pro ostatní systémy pro řízení, kontrolu a dohled. V Evropě se SCADA odvolává na širokou škálu rozdílných měření a řízení systémů, zatímco jinde ve světě může popisovat systémy libovolné velikosti nebo zeměpisných rozměrů. SCADA systémy jsou typicky užívané pro zajištění sběru dat a řízení na dohlížecké úrovni. Některé systémy se nazývají SCADA navzdory tomu, že pouze zajišťují sběr dat ale neřídí je.

Dispečerský systém získávání dat je systém, který je nadřazen všem real-time systémům, pro řízení externích procesů (to jest, že počítač sám, není SCADA systém, třebaže ovládá sám příkon svého chlazení). Z toho vyplývá, že se nezaměřuje na vlastní řízení, ale spíše na dispečerský dohled. SCADA je aktivní nastavba PLC automatů. [6]

4.4.1 Systémové řešení

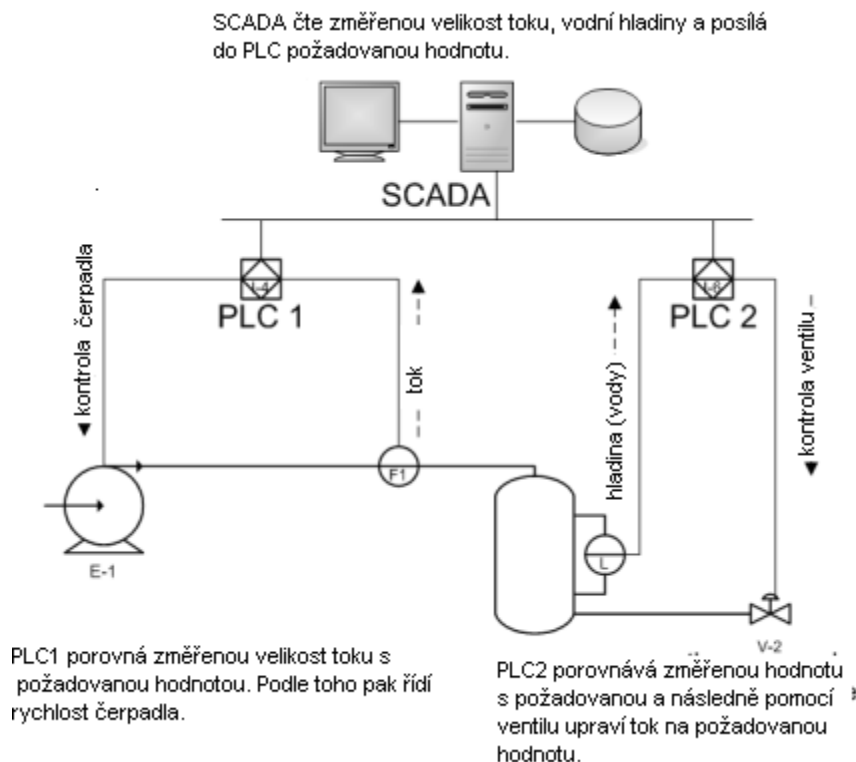
Výraz SCADA se obvykle odkazuje na centralizované systémy, které monitorují a kontrolují veškerá stanoviště, nebo soubory systémů rozčleněných na velké oblasti. Většina kontrolních stanovišť si operace provádí sama a to pomocí řídicích terminálových jednotek (RTU) nebo programovatelných automatů (PLC). Hostitelské kontrolní funkce jsou omezeny na základní funkce, či na úroveň dohlížení. Například PLC kontroluje tok chladicí kapaliny, ale SCADA umožňuje operátorům nastavit úroveň hodnoty, kdy se má zapsat a spustit alarmující hlášení o překročení určité hodnoty. Zpětnovazební regulační smyčka prochází skrz RTU nebo PLC, zatímco SCADA systém sleduje celkové technické parametry obvodu. PLC (RTU) automaty jsou realizovány tzv. funkčními bloky (programovací jazyk IEC 61131-3) za pomoci kterých se vytváří programy, které jsou na nich spuštěny. Není to procedurální programování jako C++ či pascalu. IEC 61131-3 klade minimální požadavky na naučení, z důvodů podobnosti fyzikálního modelu řídicí sady. To zajišťuje inženýrům SCADA systémů snadnější implementaci těchto programů do jednotlivých automatů. [6]



Obrázek 13 SW architektura SCADA [15]

4.4.2 Sběr dat

Sběr dat logicky začíná na úrovni RTU či PLC. Obsahuje měřidla a stavové hlášky, které jsou pro SCADu potřebné. Data jsou pak zkompileována a zformátována do podoby vhodné pro HMI tak, aby bylo dále možné z operačního střediska nastavit, či přepsat klasické PLC (RTU). Data mohou být také ukládána do databáze tak, aby je pak systém řízení databází mohl použít k dalšímu analytickému zpracování. SCADA má svou širokou databázi většinou realizovanou jako tzv. značkovou databázi, která obsahuje elementy dat zvané značky a položky. Položka představuje jednu vstupní a jednu výstupní hodnotu, která je monitorovaná a kontrolována systémem. Položky mohou být “tvrdé” nebo “měkké”. Tvrdé položky prezentují aktuální vstup, výstup, zatím co měkké položky jsou výsledky logických a matematických operací, které se aplikují na další položky. Položky jsou ukládány s datově-časové páry (zapisuje se hodnota a čas, kdy byly položky vypočteny či uloženy). Je také běžné skladovat metadata se značkami, jako je cesta polí zařízení nebo PLC registru, časové popisky a alarmové hlášení.

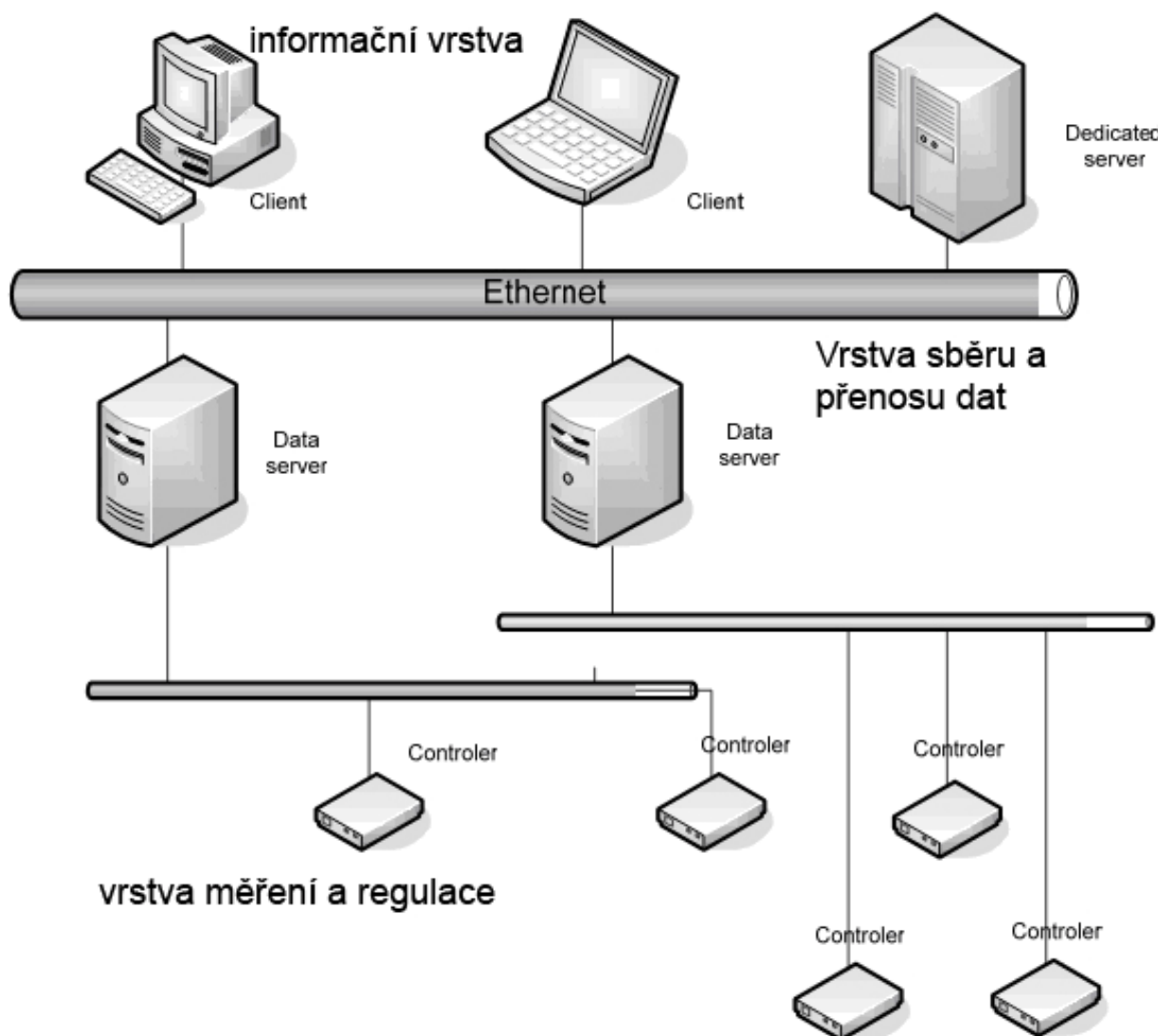


Obrázek 14 Funkční zapojení SCADA [\[1\]](#)

4.4.3 Hardware řešení

4.4.3.1 Komunikační infrastruktura a metody

SCADA systémy tradičně používají kombinace rádiového a přímého sériového nebo modemu ke splnění komunikačních požadavků, ačkoli železnice či elektrárny většinou užívají optického připojení. Na úrovni Ethernetu probíhá výměna mezi klientem, datovými servery a sdíleným serverem. Komunikace probíhá za pomoci protokolů pro to určených. Data servery se plní daty z PLC automatů. Viz obr 15.



Obrázek 15 HW architektura SCADA [\[15\]](#)

4.5 TIRS.NET

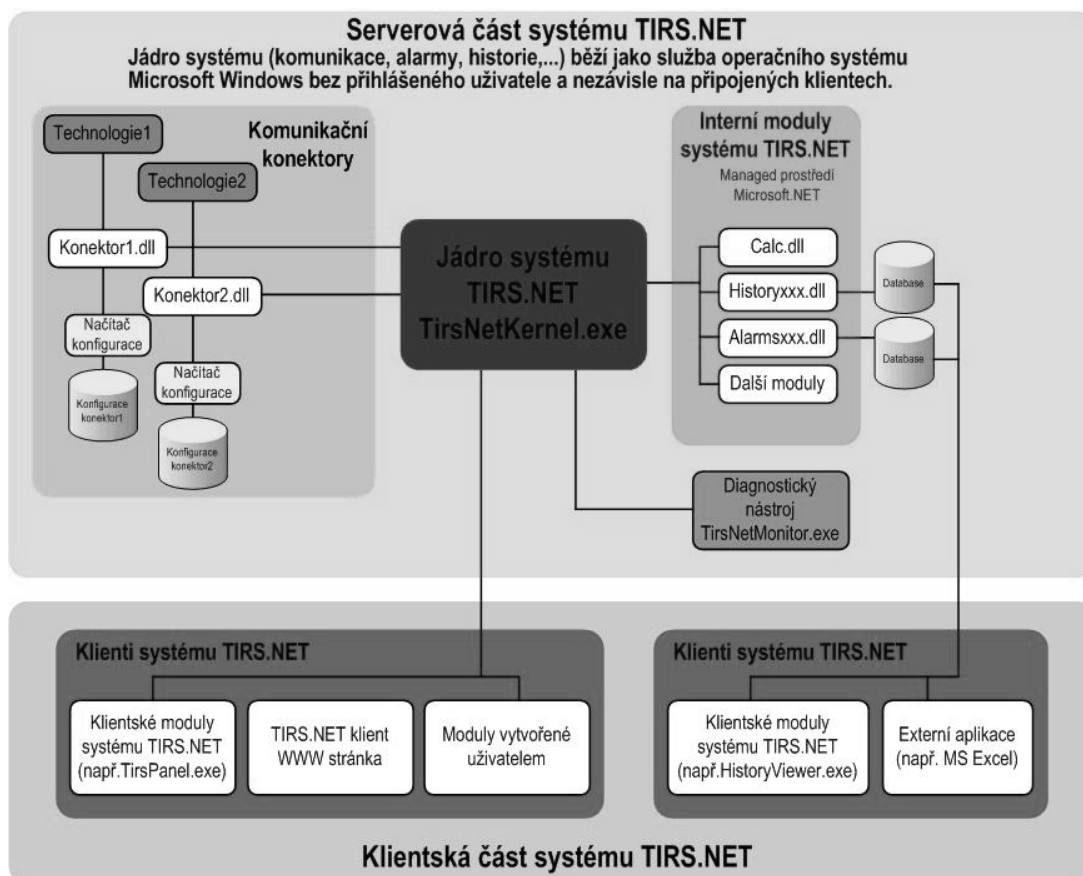
Vizualizační a řídicí systém založený na technologii Microsoft.NET. Systém TIRS.NET představuje moderní SW kategorie SCADA/HMI určený na budování dispečinků a průmyslových aplikací pro rozvodné závody, teplárenství, vodárenství, energetiku, plynárenství, telemetrii, správu budov, řízení výroby, krizové štáby další oblasti.

TIRS.NET vychází z rodiny vizualizačních systémů TIRS32 a TIRSWeb. Je určen především pro nasazení v menších a středně velkých aplikacích, kde se klade důraz na rychlost a jednoduchost řešení. Pro implementaci systému TIRS.NET nejsou nutné žádné programátorské znalosti a jeho nasazení zvládne i poučený uživatel se znalostí běžných kancelářských aplikací.

Systém TIRS.NET se v obecné rovině skládá ze dvou logicky oddělených částí. Z části viditelné pro uživatele (obrazovka s vizualizací připojené technologie, diagnostický modul, prezentační a konfigurační moduly) a části pro uživatele neviditelné (jádro systému, komunikační

a databázové moduly, apod.. Předností systému TIRS.NET je, že neviditelná část může běžet nezávisle na přihlášeném uživateli a může tedy plnit své dispečerské úkoly ihned po zapnutí počítače bez nutnosti přihlášení obsluhy.

Systém TIRS.NET může být použit jako kompaktní dispečerská úloha na jednom počítači, nebo jako síťová aplikace s více vzdálenými klienty. Jednotlivé dispečinky lze řadit do vyšších celků a vytvářet tak distribuované aplikace pro rozsáhlé systémy s komunikací i po Internetu.



Obrázek 16 Architektura systému TIRS.NET [4]

4.5.1 Terminologie:

- **Jádro** - Jádro systému TIRS.NET (TirsNetKernel.exe)
- **Konektor** - SW komunikační knihovna pro připojení daného typu automatu
- **Modul** - přídavný výkonný modul, který zpracovává hodnoty signálů. Modul je objekt uživatelsky napsaný pro Microsoft.NET prostředí jako "managed aplikace". Jsou to většinou historické zapisovače, vyhodnocovače alarmů, rozesílače alarmových zpráv např. e-mailem nebo SMS, atd.

TIRS Panel – klientská aplikace, která umožňuje vytvoření, editaci a zobrazení vizualizace technologie.

Základem systému TIRS.NET je jádro (TirsNetKernel.exe), které se stará o běh celé neviditelné části systému. Jádro automaticky spouští SW komunikační objekty (konektory) pro spojení s daným typem technologie (např. PLC automaty) a další přídatné moduly (zapisovače historie, vyhodnocovače alarmů, atd.) dle aktuální konfigurace dané aplikace.

Viditelnou část systému představuje aplikace TIRS Panel, která umožňuje oprávněnému uživateli vytvořit nebo editovat obraz připojené technologie (vizualizační stránka). Tato aplikace se používá i pro prohlížení vytvořených vizualizačních stránek technologie. Zda má uživatel možnost danou technologii monitorovat nebo prohlížet závisí na jeho přiděleném oprávnění. Hlavním odlišným znakem systému TIRS.NET oproti jiným systémům je, že nerozlišuje mezi vývojovou a runtime verzí. V případě, že má uživatel přiděleno dostatečné oprávnění, může vytvářet nové vizualizační stránky, případně upravovat stávající a to z libovolného klientského počítače a to za plného běhu systému. Z tohoto důvodu má klientská aplikace TIRS Panel dva režimy PROVOZNÍ/EDITAČNÍ. Mezi těmito režimy se oprávněný uživatel může libovolně přepínat – **není tedy nutné žádné vývojové prostředí.**

Výhodou je možnost konfigurace systému TIRS.NET pomocí programu Microsoft Excel nebo XML soubory, které je možné editovat i programem Poznámkový blok, který je součástí operačního systému MS Windows. Další viditelnou částí systému jsou různé moduly (např. Alarmový, Historický, Diagnostický, ...) nebo webová nadstavba s www stránkami, které se připojují k jádru systému TIRS.NET. [4]

4.5.2 Komunikace, technologie a přístupy

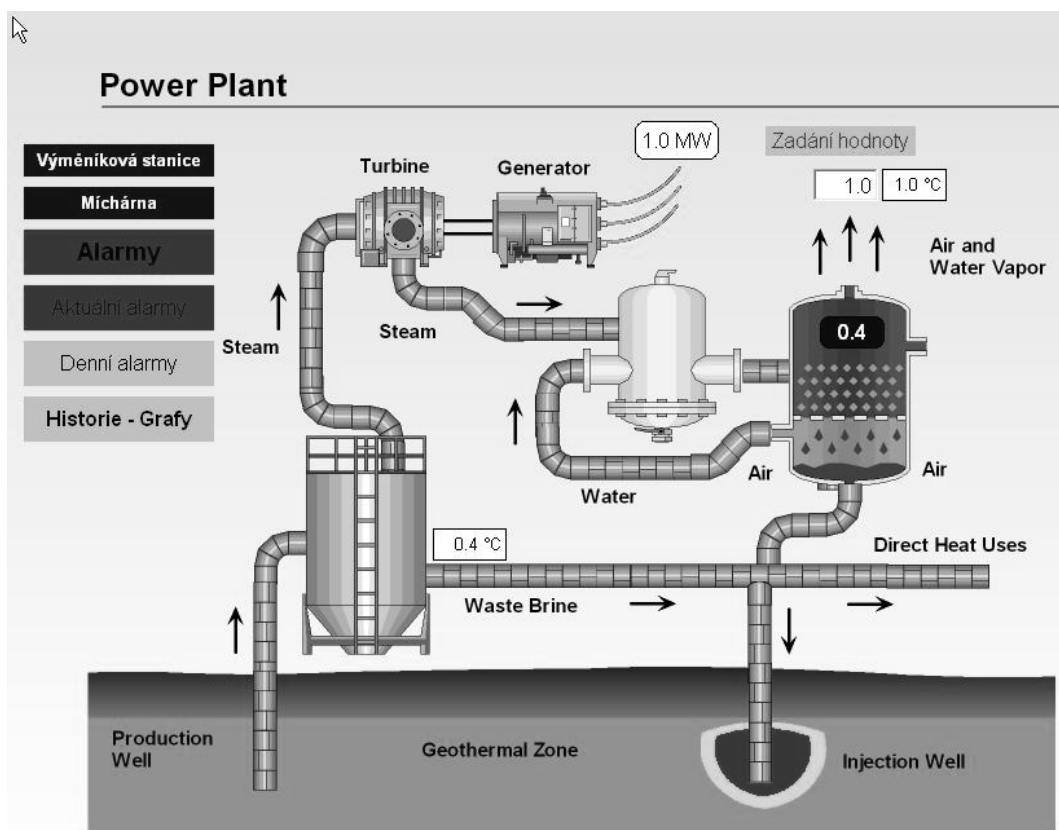
Možnost tvorby, úpravy a doplňování aplikace u zákazníka bez potřeby vývojového prostředí, nutnosti překládání a nahrávání do dispečerského počítače.

Efektivní komunikace - nové hodnoty z technologie (např. PLC automatů) jsou automaticky zasílány do klientské stránky s vizualizací pouze jako čísla, z toho plyne velmi malé zatížení komunikační linky. Veškeré části systému TIRS.NET běží na počítači jako služby operačního systému i bez přihlášeného uživatele. Jádro systému (komunikace, alarmy, historie,...) běží nezávisle na připojených klientech. Optimalizace načítání hodnot z technologie - při volání na vzdálený modem se najednou přečtou všechny připojené stanice. Systém může komunikovat s libovolnou technologií (PLC automaty, měřiče tepla, ...). Podpora platformy Microsoft Windows 2000, XP a vyšší včetně Microsoft Windows CE. Historická data, alarmy, atd. se mohou zapisovat do databáze Microsoft SQL nebo TXT souborů a to i souběžně.

U každého signálu z technologie je také možné zvolit do jaké databáze, případně i více různých databází se bude souběžně zapisovat ,prohlížeč historických dat v grafické a tabulkové podobě. Jádro systému TIRS.NET lze rozšiřovat i o další moduly, které si uživatel může vytvořit sám nástrojem Microsoft Visual Studio. Konfigurace signálů se provádí v tabulkách MS Excel, kde je možné hromadně kopírovat a upravovat konfigurace nebo přímou editací XML souborů.

K dispozici je TIRS.NET Konektor Toolkit pro tvorbu vlastních konektorů. Jednoduchá správa více projektů na jednom počítači. Pokud má daný uživatel oprávnění, může aplikaci (dispečink) kdykoli rozšiřovat a upravovat za běhu systému.

U všech komunikačních konektorů lze nastavit parametry pro komunikaci pomocí COM, TAPI, TCP, UDP. Volby nastavení se odvíjejí od použité technologie. Z dalších parametrů komunikace lze např. nastavit: odložený start komunikace, komunikovat ve vybraném čase, dnu, týdnu, atd. Výstupy a vstupy dat do podnikových informačních systémů (přímé propojení, SQL databáze). Systém TIRS.NET lze využít jako zdroj dat (konektor) pro nadřazené dispečinky se systémem TIRSWeb. [4]



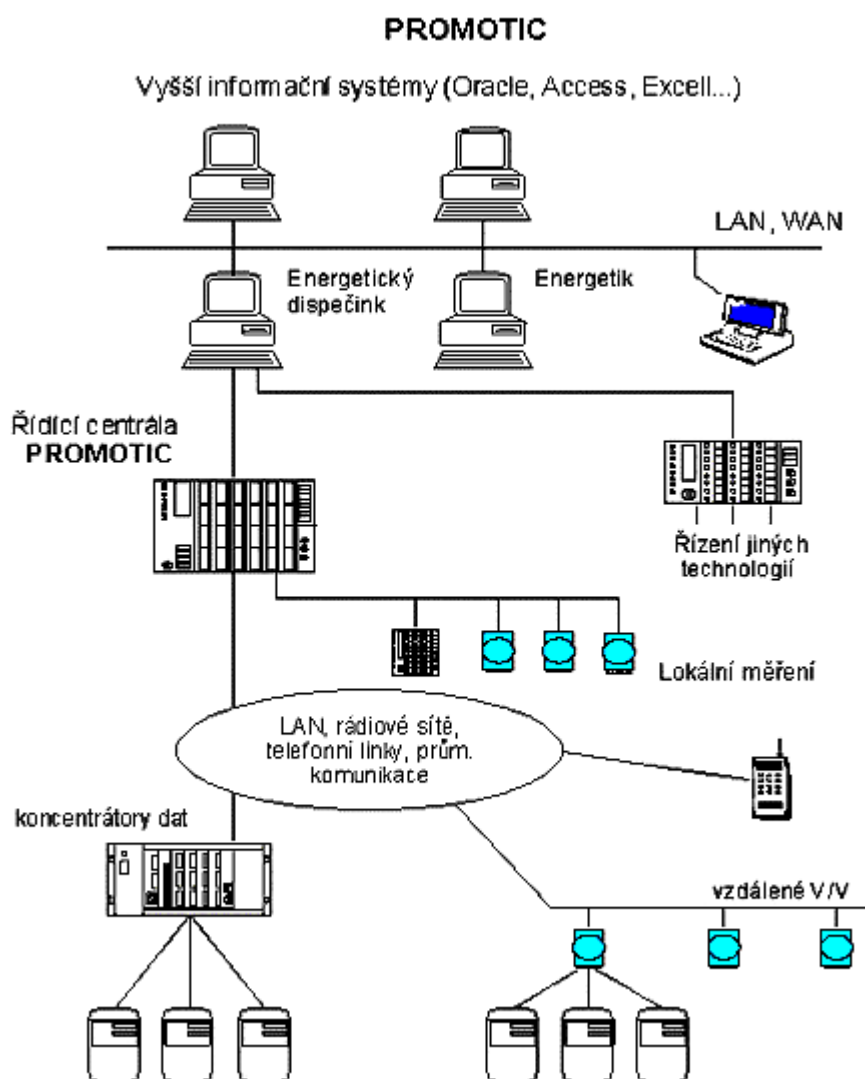
Obrázek 17 Ukázka dispečerské aplikace v systému TIRS.NET [4]

4.6 PROMOTIC

Je komplexní **SCADA** objektový softwarový nástroj (Vývoj aplikací se provádí objektovým způsobem) pro tvorbu aplikací, které monitorují, řídí a zobrazují technologické procesy v nejrůznějších oblastech průmyslu jako třeba energetika (elektrárny tepelné, vodní, rozvodny, kogenerace,...), monitorování pohybu vozidel, hutě (ocelářské pece, žíhací pece, koksovny, válcovací tratě, aglomerace, ...), ekologie (emisní monitoring, řízení odlučovačů, ČOV, odprášení, ...), telemetrické a řídicí systémy (vodárny, plynárny, doly, tepelné rozvody, ...), měření a regulace odběru energií (elektrická energie, teplo, plyn, voda, ...), řízení potravinářských technologií (pivovary, mlékárny, cukrovary, lisovny oleje, mlýny, ...), tepelné hospodářství, chemický průmysl, zpracovatelský průmysl a v neposlední řadě výuka a výzkum.

Je určen pro Windows 9x/ME/NT/200/XP/2003, umožňuje efektivně vytvářet distribuované a otevřené aplikace. Jsou zde zabudovány všechny nezbytné komponenty pro tvorbu jednoduchých i rozsáhlých vizualizačních a řídicích systémů.

PROMOTIC má jako většina SCADA systémů dva logické celky. A to jeden viditelný pro uživatele (obrazovka s vizualizací připojené technologie, diagnostický modul, prezentační a konfigurační moduly) a pak vnitřní systémy a architekturu (jádro systému, komunikační a databázové moduly, apod.). Systém je chopen běžet ihned po zapnutí počítače bez nutnosti přihlášení obsluhy. Stejně jako většina nových podobných programů.



Obrázek 18 HW architektura PROMOTIC [3]

4.6.1 Komunikace , technologie a přístupy

Komunikace je způsob umožňující sběr dat přes sériovou linku a Ethernet přímo do(ze) systému PROMOTIC a to pomocí objektu PmComm. Firma MICROSYS dodává řadu

komunikačních ovladačů pro různé standardní i nestandardní protokoly, které lze pomocí objektu PmComm zabudovat přímo do aplikace.

Projektant musí při tomto přístupu konfigurovat jednotlivé zprávy. Přenos je však rychlý (nedochází ke komunikaci mezi dvěma aplikacemi) a celou komunikaci má díky konfigurovatelnosti projektant "plně ve své moci".

Ovladače přenášejí data přes Ethernet, přes volitelné sériové porty COM1, COM2, .. COM66, přes instalovaný telefonní modem, nebo přes sériový port nastavený ve skriptu metodou PmComm. OpenPort. Sériové rozhraní může být typu RS232, RS485 nebo RS422.

V případě přenosu dat přes *telefonní modem*, lze dokonce dynamicky měnit ovladače (tj. komunikační protokoly) tak, že např. v jednom okamžiku se vytočí telefonní číslo XY a pak se přenášejí data jedním skriptem a v dalším okamžiku se vytočí telefonní číslo YZ a pak se přenášejí data jiným skriptem. Problém je zde pouze u sériových rozhraní RS485, kdy rozhraní potřebuje přepínat signál RTS, což ovladače Windows nezvládají lehce. Ve Windows 98/Me je v tomto přepínání dokumentovaná chyba, ve Windows 2000/XP/XP/2003Server/Vista lze zapnout přepínací režim. Proto se zde doporučujeme používat převodníky na RS485 takové, které podporují automatické přepínání RTS signálu.

Pro tvorbu aplikací je uvnitř zabudovaný jazyk VBScript se syntaxí Visual Basic pro zápis algoritmů v událostním programování. Pro odladění algoritmů, důležité informace za běhu, vzdálené ladění je zakomponován INFO systém. Aplikace jsou seřazeny do stromové struktury.

V trendech se ukládají vybrané veličiny s časovou značkou, ukládané ve formátu Access, binární přímo PROMOTIC nebo MS SQL Server. Je zde možnost nastavit zálohové nebo cyklické ukládání dat a to vše je možné prohlížet přes Intranet/Internet.

PROMOTIC umí nabízet svůj obraz internetovým klientům (Internet Explorer verze 6.0 a vyšší) v podobě dynamických HTML stránek. Tyto dynamické stránky se automaticky vytvářejí ve vývojovém prostředí při překladu obrazu a jsou uchovány v "*Aplikace.pra*" souboru aplikace.

WEB obraz obsahuje všechny grafické prvky (kromě ActiveX grafických prvků) a ty se překládají do dynamické HTM podoby (tzv. DHTML).

Když se klient podívá na daný obraz, tak se nejdříve ze serveru (tzn. z PROMOTIC aplikace) stáhne přeložená dynamická DHTML stránka obrazu. Následující aktualizace obrazu (viz konfigurator Perioda obnovování HTML stránek [s]) se dějí automaticky na základě periodických vyčítání XML dat obrazu, které jsou však již daleko menší než HTM stránka. Pokud je např. obraz napojen datovou vazbou na 10 veličin, přenáší se pak pravidelně pouze aktuální hodnoty těchto 10 veličin. Zatížení serveru je tedy minimální.

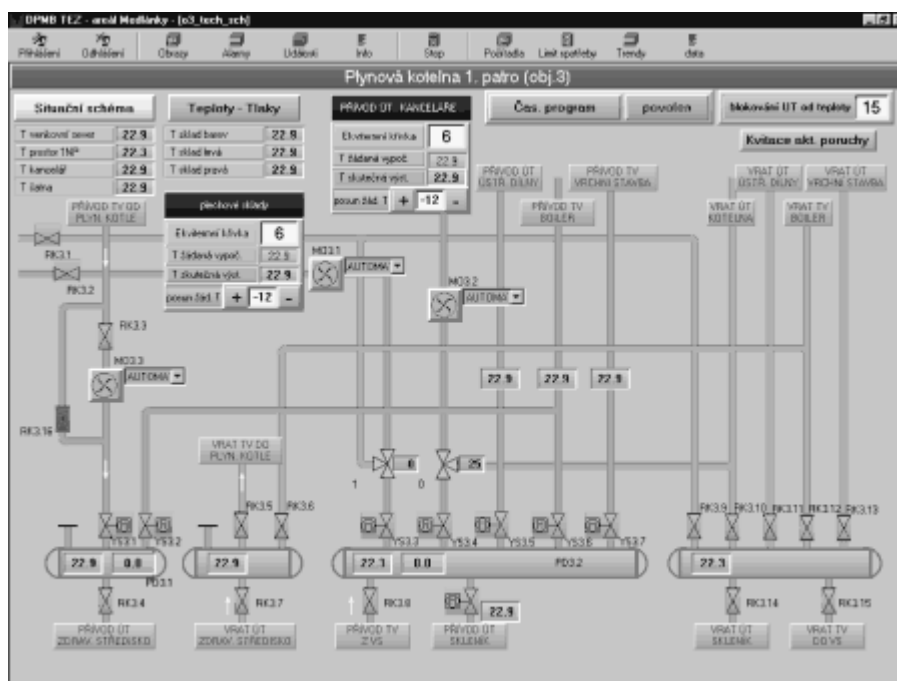
Skripty v událostech grafických prvků jsou spouštěny na straně klienta (tzn. v prohlížeči). Z toho pak plynou určitá omezení popsána níže. Hlavní omezení je, že nelze skriptem přistupovat přímo na jiné objekty ve stromu aplikace. Lze to řešit tak, že se na klientovi (tzn. v události prvku) např. volá metoda obrazu.XXX(a,b,..). Toto volání metody XXX způsobí, že se z klienta vyšle na server XML příkaz, a metoda se zavolá na serveru. V této metodě obrazu pak již může být skript, který přistupuje na jiné objekty se stromu aplikace.

Dále je zde vyřešena oblast zabezpečení aplikací proti nežádoucím zásahům operátora dále zvýšení stability běžících aplikací (watch dog), zachycení události od jiné aplikace (hlavně pro záložní zdroje napětí UPS). Jedinečné číslo uživatele což je ochrana aplikace proti neoprávněné editaci, prohlížení nebo spouštění.

Otevřenost systému je dána zabudovanými komponentami jako ODBC, DAO, SQL rozhraní pro databáze, zabudovaná rozhraní XML, OPC, DAO, OLE, DLL, ActiveX. Dále propojení podnikové databáze (MS SQL, My SQL, DBase, Access, Oracle, SAP), propojení s komunikačními servery a jinými softwarovými systémy. [3]

4.6.2 Výhody systému

- jednotná koncepce ukládání provozních dat (MS SQL),
- vizualizace vybraných provozních dat v reálném čase pro potřeby vedení firmy, mistrů, technologů a dalších pracovníků,
- výstup technicko-ekonomických dat pro potřeby managementu firmy,
- možnost v budoucnu systém dále rozšířit podle potřeb (např. další klientská pracoviště, další provozní data z nových provozů apod.).



Obrázek 19 Ukázka dispečerské aplikace v systému PROMOTIC [3]

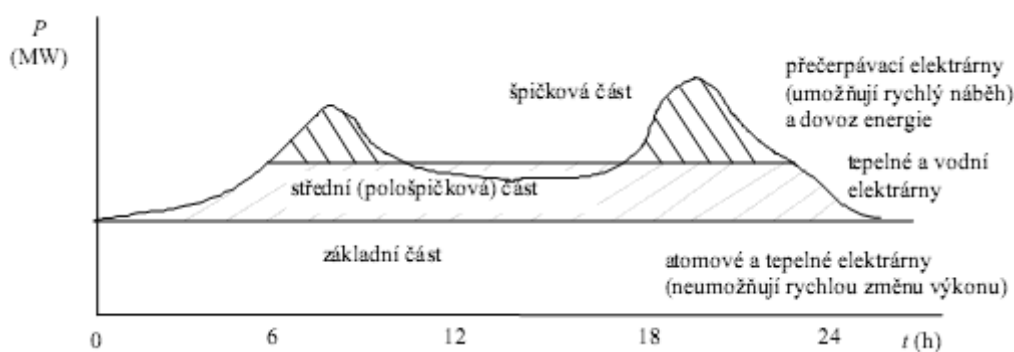
5 ZEFEKTIVNĚNÍ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY S VYUŽITÍM ICT PRO MALÉ ELEKTRÁRNY V ROZPTÝLENÉ VÝROBĚ

Základní nevýhodou elektrické energie je doposud fakt, že se nedá v širším měřítku akumulovat (vytvářet její zásoby). Tudíž platí jednoduchá rovnice: **Výroba=Spotřeba**.

Jedná se o to, že je nutné okamžitě reagovat na rozdílnou potřebu výkonu v daném časovém okamžiku. Musí se tedy vyrábět takové kvantum el.energie, po jakém je v daném okamžiku poptávka. Spotřeba energie, ale není v průběhu dne stejná, závisí na denní hodině, klimatických podmínkách, oblasti, ročním období atd., tudíž není rovnoměrné v průběhu dne. V noci je spotřeba energie menší, v ranních a odpoledních hodinách většinou vznikají špičky.

Základní část diagramu pokrývají velké tepelné a jaderné elektrárny (jejich výkon nelze rychle měnit a není to ani vhodné), špičky pokrývají vodní a přečerpávací elektrárny (umožňují rychlý rozběh a regulaci). Střední (*pološpičkovou*) část pak pokrývají menší tepelné a vodní elektrárny, případně dovoz energie.

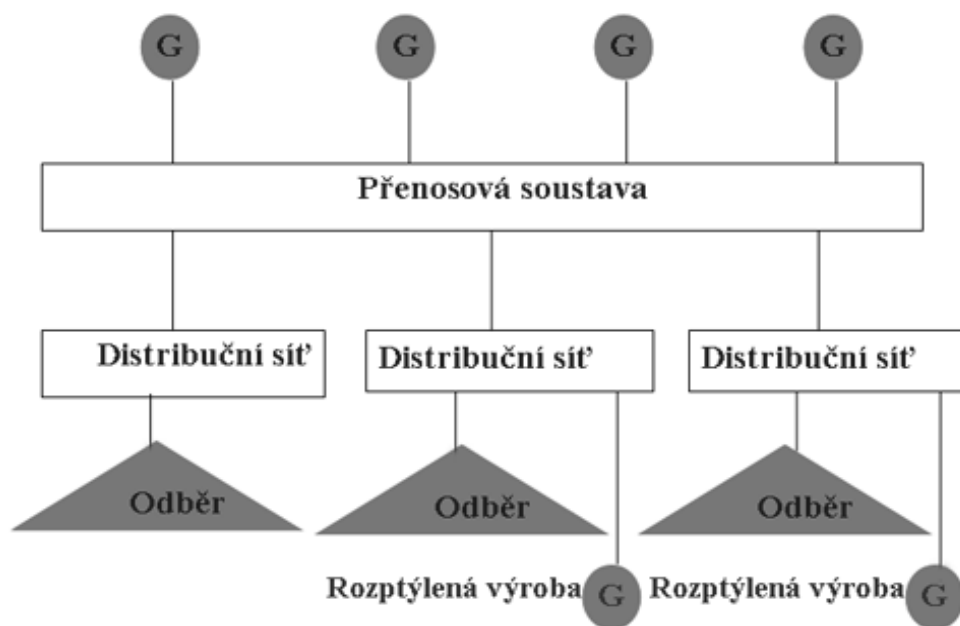
Další možností je využití menších energetických zdrojů, které jsou rozptýlené ve větších lokalitách a které díky distribuovanému řízení mohou pracovat jako jedna nebo více logických jednotek. Důležité je v tomto případě nastavit efektivní rozložení výkonu mezi jednotky a celkový výkon jako celku s ohledem na minimalizaci ztrát, maximální spolehlivost a zajištěný odběr tepla, protože se uvažuje využití malých kogeneračních jednotek, které mají vysokou dynamiku řízení. Distribuovaným řízením se rozumí zachování určité autonomie jednotek při současné možnosti zapojení do kooperativně pracujícího celku fiktivního bloku. Je totiž nutné respektovat potřeby výroby druhotné tepelné energie a možnosti její akumulace v místě výroby, kde provozovatel teplo spotřebovává. Z uvedeného vyplývá, že musí být využity dostatečně spolehlivé a rychlé komunikační prostředky, které zajistí logické spojení jednotek do víceméně transparentního bloku, který bude možné centrálně spravovat a využívat k regulačním účelům např. pro sekundární nebo terciární regulaci výkonu. Tento elektrárenský cluster s rozptýleným vývodem energie do soustavy je výkonově srovnatelný s menšími bloky klasických elektráren a může tedy výkonově ovlivnit cíleně parametry sítě minimálně v lokalitě, do které elektrickou energií dodává. [8]



Obrázek 20 Denní diagram spotřeby el. Energie [10]

5.1 Klasifikace rozptýlené výroby (RV)

- Obnovitelné zdroje energie (fotovoltaické články, větrné elektrárny, malé vodní elektrárny)
- Zdroje využívající biomasu, komunální odpad
- Zdroje využívající fosilní paliva (kogenerace, mikroturbíny)
- Ostatní (skladování energie) – baterie, setrvačníky
- Solární panely – jsou technologické předpoklady pro hromadnou výrobu
- Větrné elektrárny – tendence k off-shore elektrárnám, větší ohled na životní prostředí a na větrné podmínky, zlepšení předpovědi větru, zařízení na skladování elektřiny
- Využití biomasy a odpadů – zatím nízká účinnost
- Využívání fosilních paliv – mikroturbíny na bázi leteckých turbín, slouží jako špičkové zdroje
- Palivové články – zatím nemají vysokou účinnost a jsou velmi nákladné, v Evropě a v USA několik projektů – vysokoteplotní palivové články
- Hybridní systémy integrující palivové články a mikroturbíny



Obrázek 21 Začlenění rozptýlené výroby do přenosové soustavy [10]

5.1.1 Důvody pro zavádění rozptýlené výroby

- **Společenské požadavky** - diverzifikace energetických zdrojů, snížení závislosti na fosilních palivech, omezení globálního oteplování
- **Požadavky na snížení nákladů na energii** – kogenerační systémy, zlepšení kvality zásobování elektřinou

5.1.2 Nevýhody rozptýlené výroby

- Jednotlivě, zanedbatelné zdroje výkonu (Aby byl instalovaný výkon stejný jako u průměrné tepelné elektrárny, byl by to neuvěřitelně komplikovaný celek, navíc ekonomicky několikanásobně dražší investice než klasická tepelná, nebo jaderná elektrárna)
- Nemožnost u těchto zdrojů regulovat jalový výkon (nutné kompenzátory, měniče, výskyt vyšších harmonických, které negativně ovlivňují amplitudu), u větrných elektráren použity asynchronní generátory. Tyto stroje pro svojí funkci spotřebovávají jalový výkon. Tento výkon nám komplikuje přenos a výrobu (ztráty při přenosu el. energie, atd.).
- Jednoznačná závislost větrných elektráren na vnější síti (viz předchozí bod)
- Nutno držet v záloze (tepelné, jaderné elektrárny) stejně velký výkon jako je instalovaný výkon větrných, slunečních elektráren v případě absence větru, či slunečních paprsků (finančně nákladné). Naopak při špičkách (vítr fouká), je nutno odstavit klasické zdroje energie (což je také velice drahé a mnohdy problematické)

- Hlučnost, zásah do krajinného rázu (výška a rozměry). Sice můžeme brát jako podružný problém, ale přeci jen ani větrná farma či fotovoltaické panel není nepřehlédnutelný.
- Dražší cena za kWh el.energie vyrobené ve větrných elektrárnách oproti klasickým jaderným elektrárnám. (U fotovoltaických článků lze vůbec diskutovat o technicko-ekonomicko-ekologické návratnosti investice vynaložené do tohoto typu zdroje el.energie)
- Nižší životnost větrných, slunečních elektráren oproti klasickým zdrojům energie
- Problém s udržení průmyslové frekvence (V ČR 50 Hz), nutná regulace další elektronikou.

5.2 Možnosti zefektivnění ES s využitím ICT technologie

Využívání obnovitelných zdrojů energie vyvolává poptávku po senzorech pro zjišťování stavu zařízení v reálném čase, dále po expertních systémech a optimalizačních modelech, samoučících expertních systémech pro bezpečný přenos dat. V důsledku rostoucího podílu obnovitelných zdrojů energie a liberalizace trhu s energií rostou požadavky na síťovou techniku.

Proto je nutné soustředit se na vývoj těchto technických řešení:

- aktivní řízení sítí
- obousměrná bezztrátová výkonová elektronika
- senzorika
- optimalizované predikční nástroje (i pro meteorologické předpovědi)
- modelovací nástroje (zatížení sítí)

5.2.1 Matematické modelování

Matematické modelování v energetice je inženýrská disciplína, která se zabývá získáváním znalostí o chování energetických soustav ve stacionárních a nestacionárních stavech při použití matematických postupů.

Znalosti získané prostřednictvím matematických modelů jsou potom využívány při hledání vhodných způsobů provozu energetických soustav zejména ve složitých provozních a havarijních stavech, při zpracování a ověřování návrhů pro vypracování projektů, při řízení probíhajících technologických procesů, a při analýzách bezpečnosti a návrhu bezpečnostních opatření. V neposlední řadě jsou tyto znalosti využívány také k zajištění hospodárnosti a spolehlivosti provozu energetických soustav.

Sestavení modelu se skládá z několika částí. Nejdříve se namodeluje situace, kdy jsou modelovány regulátory i elektrárna a specifikují se reálné požadavky na funkci řídicího systému

z hledisek udržení optimální hospodárnosti v různých režimech provozu, vlivu na čerpání životnosti technologických komponent, omezení negativního vlivu obsluhy atd. Následuje vytvoření projektu a ověření plnění požadavků na funkci.

Dalším krokem je namodelování stavu, kdy regulátory jsou reálné a elektrárna je model. V tomto kroku se testuje systém dodavatelem a zkoumají se odezvy na zásahy fiktivních akčních členů reálnými regulátory.

Třetím krokem je uvedení do provozu (regulátory i elektrárna jsou reálné). Zde se vytvoří model umožňující kontrolu plnění požadavků na činnost řídicího systému, vyhodnocení průběhů reálných testů srovnáním s očekávanými průběhy a zjištění příčin odchylek seřízení regulátorů vůči projektu. [10]

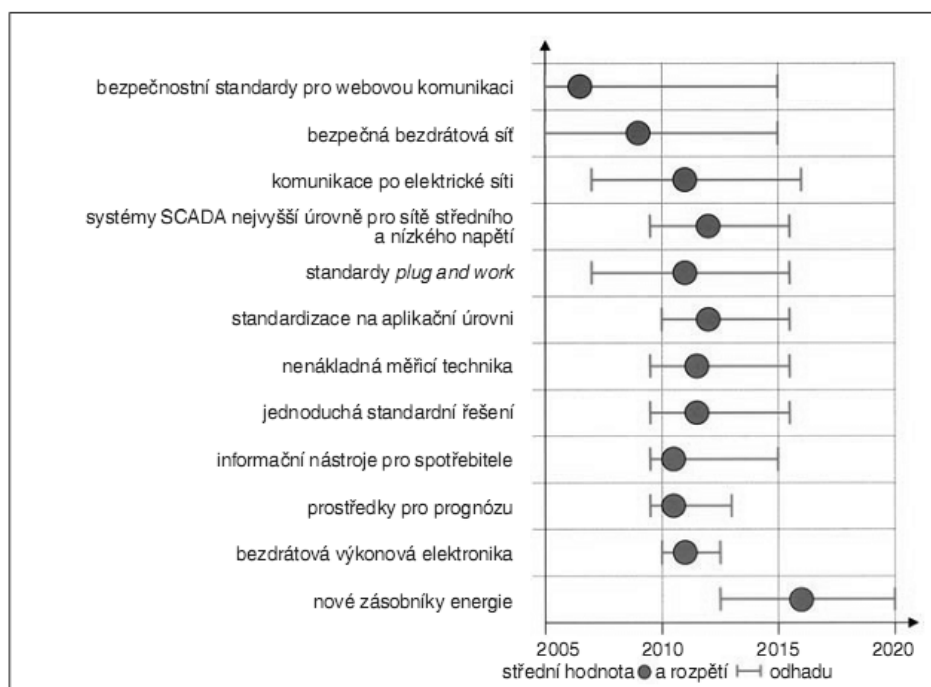
Posledním krokem je provoz a následné výzkumné vývojové práce, kde se provádí analýzy s cílem zlepšit provozní vlastnosti elektrárny na základě provozních zkušeností, modifikace, zdokonalení provozních režimů podle nových požadavků. Nasazení diagnostických prostředků pro zmenšování provozních ztrát a provozních nákladů založené na predikci stavu technologického zařízení prostřednictvím matematické simulace a přizpůsobení provozu novým požadavkům (poskytování podpůrných služeb elektrizační soustavě, například zvýšení výkonu).

5.2.2 Předpoklady pro decentralizované energetické soustavy

Decentralizované uspořádání energetické soustavy by se mohlo prosadit okolo roku 2030, avšak za předpokladu, že bude vyřešen *cenově dostupný obousměrný přenos dat*. Dosud není jisté, zda se pro jeho řešení prosadí bezdrátový přenos dat nebo komunikace po elektrické síti ani kdy bude řešení k dispozici. Pro decentralizované uspořádání energetické soustavy je dále třeba vyvinout další specifické metody a prostředky:

- standardizace datových protokolů – mají umožnit, aby se na centrální dozornu mohli připojit různí výrobci,
- expertní systémy pro automatizované řízení dat,
- nenákladné hromadně vyráběné produkty s jednoduchým operátorským rozhraním,
- nová řešení v oboru síťové techniky.

Na *obr. 24* je uvedeno, kdy by měly přicházet na trh nástroje potřebné pro prosazení decentralizace energetických soustav. Ukazuje se, že mnoho nástrojů bude připraveno k použití v rozmezí let 2010 až 2015. [10]



Obrázek 22 Vývoj nástrojů pro decentralizaci energetických soustav [10]

5.2.3 Zefektivnění výroby elektrické energie za pomoci ICT

5.2.3.1 Kogenerační jednotky a malé tepelné elektrárny

Jednou z možností jak zefektivnit výrobu elektrické energie kogeneračních jednotek a malých elektráren je zdokonalení automatizovaného systému řízení spalování.

Řízení spalovacího procesu je velmi složité, neboť kvalita spalování závisí na větším počtu akčních veličin, tj. veličin, které mají vliv na spalovací proces a současně jsou nastavitelné. Z hlediska řízení tedy jde o několikaparametrový systém, jejž nelze snadno optimálně nastavit. Dosavadní praxe je často taková, že parametry jsou nastavovány podle dílčích měření anebo podle empirických zkušeností jednotlivých topičů a ty se mohou lišit. Složitost řízení ještě komplikuje často nesymetrický provoz, při kterém palivo nebo spalovací vzduch nejsou přiváděny rovnoměrně do celého spalovacího prostoru. [10]

Nejvhodnějším způsobem, jak dosáhnout optimálního spalování, je použít automatizovaný řídicí systém. Jeho předností je, že řízení probíhá podle většinou deterministicky nastavených řídicích algoritmů a je minimalizován vliv operátora na kvalitu řízení, kterou může při jeho složitosti jen obtížně zajistit. Role operátora je omezena na řídicí kroky týkající se výstupů, nastavení provozních režimů, kompenzace poruchových stavů atd.

K tomu, aby bylo možné vytvořit automatizovaný systém řízení spalování, je však třeba mít k dispozici velmi zevrubné informace o působení jednotlivých akčních veličin, tj. o jejich vlivu na spalování, a to jak při samostatném působení každé z nich, tak i při jejich působení ve vzájemných kombinacích a v kombinacích ještě s dalšími zásahy. Experimentálně lze tyto informace získat pouze v omezeném rozsahu, a to jak pro značný rozsah problematiky, tak i pro omezenou možnost příslušné údaje vůbec zjistit (změřit). Při tvorbě automatizovaného systému

řízení jsou proto nezbytnými nástroji matematické modely, které umožňují vlivy řídicích zásahů nejprve stanovit modelováním a poté je zahrnout do regulačních algoritmů. [10]

Další možností zvýšení efektivity výroby je sledování kvality paliva. S rostoucími požadavky na kvalitu paliva roste i potřeba vybavit provoz měřicí technikou. V současných provozech, již nejde o jednotlivé měřicí přístroje, ale spíše o celkovou koncepci měření, která zaručí kvalitu produktu a zároveň zachová nízké náklady. Za použití bezdrátové měřicí techniky je možno sledovat kvalitu paliva po celou dobu, od výroby přes transport, až po uskladnění ve skladech. Následně je pak možné vyhodnocovat kvalitu paliva v komplexních souvislostech, jako jsou roční období, umístění skladů s palivem atd. Jelikož jsou data uchovávána je možné srovnání i s předešlými lety, díky čemu je možné předikovat kvalitu i náklady v daném období a tak zefektivnit následnou výrobu elektrické energie.

5.2.3.2 Solární panely, větrné elektrárny, vodní elektrárny

Jelikož významně vzrostl podíl obnovitelných zdrojů energie vůči tradičním zdrojům energie, dochází k situacím, kdy je výroba elektrické energie z nekonvenčního zdroje energie neefektivní. Proto je nutné se při plánování použití nekonvenčního zdroje energie rozhodovat nejenom na základě elementárních znalostí o tomto zdroji, ale i na základě širších a hlubších poznatků. Těchto poznatků se v praxi dosahuje měřením, sběrem a analýzou dat. Díky systému sběru, archivaci a analýzy naměřených dat jsme schopni pozorovat a následně vyhodnotit a definovat veškeré vnější vlivy, které pozitivně ale především negativně ovlivňují účinnost zařízení. Stejně jako v předchozím bodu je vhodné pro zvýšení efektivity použít automatizovaný řídicí zpětnovazební systém, což znamená zpracování vstupů, výstupů a stavů technologie a následující řízení a regulace.

Nekonvenční zdroje energie jsou z převážné části závislé na klimatických podmínkách, pro zvýšení efektivity je důležitý jejich dlouhodobý monitoring. Pro výrobu elektrické energie se u obnovitelných zdrojů využívá potenciální energie vody, kinetická energie větru, geotermální energie, slunečního záření a další. Expertní automatizovaný systém vyhodnotí stav veličin (průtok, hladina vody, intenzita elektromagnetického záření, poloha slunce, síla větru) pro jednotlivá období, s daty z předchozích let, je možné prediktivně určit velikost výkonu a časové rozmezí, kdy je možno tento výkon využít pro pokrytí špiček, nebo jako zálohu při plánované odstávce programu modernizace přístrojů s ohledem na budoucí rozšíření provozu při zajištění minimální doby nutné odstávky.

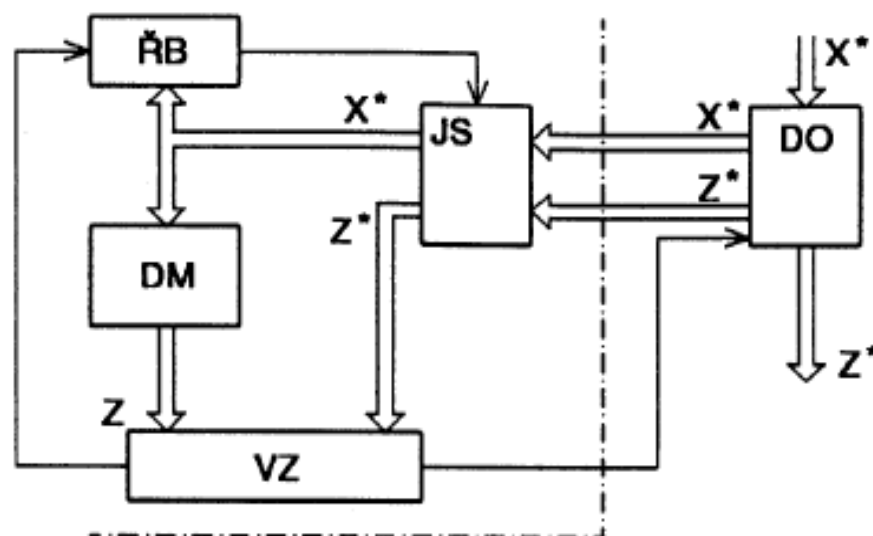
5.2.4 Zefektivnění přenosu a rozvodu elektrické energie za pomoci ICT

Snaha po zhospodárnění provozu ES a zvýšení její spolehlivosti za stále vzrůstajícího požadavku na přenášený výkon vede ke zvyšování napětí přenosových sítí a tvoření stále větších soustav připojováním dalších zdrojů a spotřebitelských oblastí. Při uplatňování těchto snah je nutné řešit problémy, které souvisejí s použitím velmi vysokého a zvláště vysokého napětí a s udržením synchronního chodu všech zdrojů soustavy. Užití velmi vysokého a zvláště vysokého napětí je spojeno s korónou a s otázkou namáhání izolace vedení a transformátorů.

Při provozu vedení bývá izolace vystavena napětím, která značně převyšují jeho jmenovitou hodnotu. Proto je vhodné sledovat stav izolace, shromažďovat údaje o jejím momentálním a předchozím stavu. K těmto účelům se v praxi využívá on-line diagnostika izolačních stavů sítě.

Diagnostické systémy on-line diagnostikují, vyhodnocují, technický stav objektu při/za provozu. Synonymem pojmu on-line systém je pojem provozní diagnostický systém spojený s monitorováním.

Monitorování je trvalé sledování stavu objektu s průběžným vyhodnocováním mezních stavů objektu, při kterých je nutno objekt odstavit, u dokonalejších systémů je doplněno vyhodnocením trendu postupných poruch. Speciálním případem systému jsou automatické diagnostické systémy tvořící zpětnovazební kybernetický systém. Diagnostikovaný objekt lze pak považovat za řízený komplex a diagnostické zařízení za řídicí systém. Tyto systémy, většinou podporované počítačem, umožňují v případě použití redundantních funkčních bloků řešit situaci bez lidské obsluhy, automatickou lokalizaci poruchy, interaktivní vedení obsluhy při lokalizaci poruchy, automatické generování zkušebních signálů, propojení s expertním diagnostickým systémem atd.



Obrázek 23 On-line diagnostický systém [10]

DO – diagnostikovaný objekt

JS – jednotka styku

X, Z – vstupní a výstupní veličiny generované diagnostickými prostředky

X^*, Z^* - vstupní a výstupní veličiny

Další způsobem zvýšení efektivity je možnost snížení ztrát energie a zvýšení přenosových kapacit sítě díky přesnější znalosti stavu soustavy získané pomocí estimace, dopočtů a díky možnosti tento stav efektivněji optimalizovat. Zvýšení spolehlivosti provozu a snížení doby nedodávky a velikosti nedodané energie, protože znalost chodu sítě eliminuje nesprávnou manipulaci a následného výpadku působením ochran.

5.2.5 Zefektivnění distribuce elektrické energie za pomoci ICT

Do budoucnosti se uvažuje vzrůst podílu decentrálních výrobců energie. Klasický rozvod energie z velkých elektráren přes jednotlivé napěťové úrovně až ke spotřebitelům bude nahrazen rozvodem od decentralizovaných výrobců a obousměrnou sítí. Stabilitu napětí již tedy nebude možné udržovat regulací v elektrárně, ale bude třeba stále více regulačních funkcí přenést do tzv. chytrých sítí (*Smart Energy Grids*). Velké centrální elektrárny budou fungovat i nadále, avšak z podstatně menším významem než doposud. Energetické sítě budou usprádané obousměrně, což znamená, že energie bude běžně přiváděna z úrovně distribuční sítě.

Tyto decentralizované energetické soustavy budou řízeny prostřednictvím komunikační sítě, která povede paralelně s energetickou sítí a částečně bude využívat i stejnou infrastrukturu. Rozptýlení výrobci se propojí do virtuálních elektráren. Expertní systémy a distribuovaná inteligence umožní, aby byly z centrály virtuálních elektráren sestavovány pouze řídicí metapříkazy, které pak budou lokálně překládány do odpovídajících procesních rutin. S využitím řídicích systémů založených na poptávce bude řízena spotřeba energie jak malých koncových uživatelů, tak i velkých průmyslových provozů. Lokální expertní systémy vypočítají, zda je možné v daném okamžiku snížit vlastní spotřebu a později kompenzovat výpadek při nižší ceně energie.

Chytré energetické sítě mají zvýšit efektivnost, bezpečnost a spolehlivost evropských elektrických a plynárenských soustav a sítí tím, že budou dnešní sítě transformovány do interaktivních obslužných sítí a odstraní se překážky bránící širokému rozšíření a efektivní integraci distribuovaných a obnovitelných zdrojů energie.

Zajištění přehledu spotřeby elektrické energie pro potřeby statistiky a potřeby ostatních pracovních úseků, možnost vyhodnocování pro sjednávání odběrových diagramů.

6 ZÁVĚR

Problémovou oblastí v energetice, vzhledem k využití ICT technologie, je zastaralé analogové měřicí vybavení, které není přizpůsobeno pro řízení, regulaci, automatizovaný odečet měřených veličin atd. Tyto základní funkce jsou jedny z hlavních předpokladů pro implementaci ICT technologie. Pro zavedení ICT technologie je nutné vyměnit stávající zastaralé a nepostačující vybavení za nové technologicky odpovídající, nebo vybavit stávající technologii převodníky, které bude možno začlenit do ICT struktury tak, aby byly schopny potřebné komunikace s řídicími systémy.

Další problémovou oblastí je tlak na maximalizaci zisků a snižování ceny a nákladů. Jelikož trh s energií je liberalizován, vzniká stále více nových trhů a společností, cena za energii získává na významu. Společnosti musí pořizovat a vyhodnocovat stále detailnější informace o struktuře spotřeby svých zákazníků a o výkonu, které požadují. Při využití expertních systémů pro řízení dat je možno efektivně sledovat pohyby toků energií v síti, vyhodnocování aktuálních nabídek jednotlivých dodavatelů, což pomáhá k minimalizaci nákladů a efektivnímu využívání zatížení sítě.

6.1 Současné trendy při zavádění ICT technologií

Aplikací ICT technologií stále přibývá, jsou rozvinutější, cenově dostupnější a jsou na trhu dostatečně dlouho, což dává uživatelům jistotu, že jde o vyzkoušený, po léta používaný standard. Tento trend je způsoben velkou konkurencí dodavatelů v oblasti ICT, ale hlavně standardizací jednotlivých komponent potřebných pro jejich implementaci. V praxi jsou to na úrovni měření a regulace senzory a snímače veličin, ty je možno pořídit pro danou aplikaci z více zdrojů, které mají implementovaná unifikovaná komunikační rozhraní pro komunikaci s nadřazenými řídicími systémy. Významným faktorem je možnost využití stávajících rozvodů sítí, jak je tomu u rozhraní Ethernet, kde komunikace probíhá na běžně používaném protokolu TCP/IP.

Při zavádění ICT technologie se využívá úspěšných řešení úloh podobného rozsahu a charakteru, což usnadňuje následnou implementaci systému. Důležitou součástí při zavádění je zajištění požadované úrovně bezpečnosti přenosu dat mezi jednotlivými uzly sítě. Pro zvýšenou bezpečnost se využívá redundantní architektura, kdy jsou instalovány dva řídicí systémy, z nichž jeden řídí technologii a druhý je připraven v pohotovostním režimu.

Dynamickou konfigurací sítě je zajištěna možnost snadného odpojení a připojení do sítě, bez nutnosti zastavovat chod zařízení. Tento krok zjednodušuje diagnostiku, ladění i zotavování z chyb.

Důležitá je dobrá znalost samotného řešeného problému a jeho rozsahu, je to tiž důležité aplikovat systém na míru. Volba zbytečně robustního systému se projeví nejen po ekonomické stránce, ale i v nutnosti větší uživatelské znalosti využívaného systému (obsáhlé robustní systémy jsou složité a mají mnohem více modulů, komponent).

6.2 Možnosti zefektivnění ES v rozptýlené výrobě za pomoci ICT

Dosahovat ekonomicky efektivnějšího provozu energetického zařízení nelze bez zdokonalování funkcí jeho automatizovaného řídicího systému. Zdokonalování automatizovaného řídicího systému na základě modelových analýz podložených měřeními vykonanými na reálném zařízení je spolehlivý, avšak poměrně nákladný proces zvyšování efektivnosti.

Použití nadstavby řídicího systému spolupracujícího s vlastním řídicím systémem ukazuje druhou možnou cestu. Nadstavba využívání matematického modelu, který popisuje chování a umožňuje vlivy řídicích zásahů nejprve stanovit modelováním a poté je zahrnout do regulačních algoritmů energetických soustav. Takto získané znalosti slouží při hledání vhodných efektivnějších způsobů provozu.

Sledováním kvality paliva v průběhu skladování a celková koncepce měření zaručí kvalitu produktu při zachování nízkých nákladů. Zdokonalení automatizovaného systému řízení spalování podle empirických zkušeností a nastavení parametrů podle dílčích měření pomáhá k optimálnímu nastavení a zefektivnění výroby elektrické energie u kogeneračních jednotek a malých elektráren. Pro zvýšení efektivity výroby u nekonvenčních zdrojů energie expertní automatizovaný sleduje a vyhodnocuje veličiny klimatických podmínek jako jsou (průtok, hladina vody, intenzita elektromagnetického záření, poloha slunce, síla větru).

Sledováním stavu izolace a shromažďování údajů o jejím momentálním a předchozím stavu za pomoci on-line diagnostiky, je možné učit velikost možného zatížení vedení, optimálně rozložit výkon podél vedení a snížit náklady na přenos elektrické energie. Díky znalostem o stavu soustavy je možné snížení ztrát energie, zvýšení přenosových kapacit sítí, eliminace nesprávné manipulace a následného výpadku působením ochran.

S využitím řídicích systémů založených na poptávce je možné řídit spotřebu energie jak malých koncových uživatelů, tak i velkých průmyslových provozů. Lokální expertní systémy vypočítají, zda je možné v daném okamžiku snížit vlastní spotřebu a později kompenzovat výpadek při nižší ceně energie. Z pomoci chytrých energetických sítí je možné zajištění přehledu spotřeby elektrické energie pro potřeby statistiky a možnost vyhodnocování pro sjednávání odběrových diagramů.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Wikipedia contributors, 'SCADA', *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 2004 [cit. 2007-12-19]. Dostupný z WWW: <<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=SCADA&oldid=215957244>>
- [2] M. ŠVEC, OBJEKTOVÉ DATABÁZE ,článek Relační vs. objektově-relační vs. objektové databáze Brno 2003, 20 stran
- [3] *MICROSYS* [online]. 2001 [cit. 2007-12-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.microsys.cz/>>
- [4] *TIRS* [online]. 2003 [cit. 2007-12-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.tirs.cz/>>
- [5] *AIS spol s.r.o.* [online]. 2004 [cit. 2007-12-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.ais-brno.cz/dodis.php?lang=cz>>
- [6] *Abako.cz* [online]. 2005 [cit. 2007-12-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.abako.cz/blog/37/scada-systemy-a-jejich-vyuziti/>>
- [7] *Reliance* [online]. 2003 [cit. 2007-12-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.reliance.cz/cs/software/>>
- [8] BAXANT, Petr, TOMAN, Petr, ORSÁGOVÁ , Jaroslava. Distribuované řízení energetických zdrojů . *Energomatika 07* [online]. 2007 [cit. 2008-05-10].
- [9] ZEŽULKA, F. – HYNČICA, O.: Průmyslový Ethernet IV: Principy průmyslového Ethernetu. *AUTOMA* [online]. 2007, roč. 13, č. 11 [cit. 2008-05-05].
- [10] RUBEK, J. – PLISKA, J. Moderní trendy v optimalizaci provozu elektráren a tepláren. *AUTOMA* [online]. 2007, roč. 13, č. 5.
- [11] *EtherCAT* [online]. 2000 [cit. 2008-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.ethercat.org>>.
- [12] *Ethernet/IP* [online]. 2003 [cit. 2008-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.odva.org>>.
- [13] *Ethernet Powerlink* [online]. 2001 [cit. 2008-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ethernet-powerlink.com>>.
- [14] *Modbus-RTS* [online]. 1999 [cit. 2008-02-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.modbus-ida.org>>
- [15] BAXANT, Petr. MIRS studijní materiál. *Podklady ke zkoušce* [online]. 2007 [cit. 2007-12-12].
- [16] Distribuční energetické sítě. *AUTOMA* [online]. 2007, roč. 13, č. 11 [cit. 2008-05-05].
- [17] Převodníky signálů *AUTOMA* [online]. 2007, roč. 13, č. 11 [cit. 2008-05-05].
- [18] ZEŽULKA, František , BRADÁČ, Zdeněk , FIEDLER , Petr . Programovatelné automaty. *SKRIPTA* [online]. 2003 [cit. 2003-10-01].